

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra učitelství a didaktiky biologie



# **Zjišťování efektivity výuky v terénu u žáků gymnázia**

**Survey on the Effectiveness of the Outdoor Education on  
Grammar School Students**

Diplomová práce

Iveta Husáková

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Věra Čížková, CSc.

Praha 2009



Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Praze 28. 4. 2009

.....

Iveta Husáková

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala mojí školitelce Doc. RNDr. Věře Čížkové, CSc. za cenné rady, připomínky a zejména také ochotu a čas, který mé práci věnovala.

Dále děkuji Zuzce Münzbergové a Jiřímu Žákovi za rady a připomínky po odborné stránce této práce a RNDr. Jitce Zichové, Dr. za pomoc a konzultace při statistickém zpracování dat.

Velký dík patří také všem pedagogům a studentům z Gymnázia Kladno, Gymnázia V. B. Třebízského ve Slaném a Gymnázia Jana Nerudy v Praze, kteří mi velice ochotně vyšli vstříc při ověřování této diplomové práce.

Děkuji také všem dalším, kteří mi byli během mé práce nápomocni, ať již nějakou dobrou radou či nápadem nebo jen příjemnou přátelskou atmosférou. Zvláštní poděkování patří také mým rodičům, kteří mi byli obrovskou oporou a poskytli mi naprosto ideální podmínky během celého studia.

# Obsah

<b>Abstrakt.....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Úvod .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Cíle práce a testované hypotézy .....</b>	<b>16</b>
<b>3. Charakteristika území.....</b>	<b>18</b>
3. 1. Vymezení území .....	18
3. 2. Geologie .....	19
3. 3. Geomorfologie.....	21
3. 4. Půdy .....	22
3. 5. Klima .....	22
3. 6. Vodní poměry .....	23
3. 7. Rostlinstvo .....	23
3. 8. Živočišstvo .....	25
3. 9. Zásadní vlivy lidské činnosti .....	27
<b>4. Metodika.....</b>	<b>28</b>
4. 1. Výzkumný vzorek .....	28
4. 2. Výuka .....	29
4. 2. 1. Experimentální skupina .....	29
4. 2. 2. Kontrolní skupina .....	35
4. 3. Výzkumný nástroj .....	36
4. 3. 1. Zjišťování efektivity výuky – didaktické testy .....	36
4. 3. 2. Rozbor testů a testových úloh.....	37
4. 3. 3. Dotazník .....	38
4. 4. Statistické zpracování dat .....	38
4. 4. 1. Experimentální a kontrolní skupina.....	38
4. 4. 2. Efektivita výuky v terénu .....	39
4. 4. 2. 1. Vliv exkurze .....	39
4. 4. 2. 2. Vliv exkurze a dalších faktorů.....	40
4. 4. 3. Jednotlivé testové úlohy .....	41
4. 4. 4. Dotazník .....	42
<b>5. Výsledky .....</b>	<b>43</b>
5. 1. Skóre jednotlivých testů .....	43
5. 2. Experimentální a kontrolní skupina.....	44
5. 3. Efektivita výuky v terénu .....	45
5. 3. 1. Vliv exkurze .....	45
5. 3. 2. Vliv exkurze a dalších faktorů.....	48
5. 4. Jednotlivé testové úlohy .....	56
5. 5. Dotazník .....	59
<b>6. Diskuse.....</b>	<b>62</b>
6. 1. Diskuse použité metodiky .....	62
6. 1. 1. Žáci .....	62
6. 1. 2. Výuka .....	63



6. 1. 3. Výzkumný nástroj .....	64
6. 1. 4. Statistické zpracování dat .....	65
6. 2. Diskuse výsledků .....	66
6. 2. 1. Efektivita výuky v terénu .....	66
6. 2. 2. Vliv dalších faktorů .....	68
6. 2. 3. Jednotlivé testové úlohy .....	70
6. 2. 4. Dotazník .....	71
6. 3. Možná aplikace v praxi .....	72
<b>7. Závěr .....</b>	<b>73</b>
<b>Seznam literatury .....</b>	<b>75</b>
<b>Přílohy .....</b>	<b>81</b>

## Abstrakt

Dlouhodobě působící kurzy a terénní programy mohou mít pozitivní vliv na znalosti, postoje a chování žáků. Vliv kratších kurzů (1–5 dní) je však sporný, ačkoliv právě tyto kurzy mají z praktického hlediska nezastupitelný význam. Výzkum efektivit kratších trvajících terénních kurzů, z hlediska krátkodobého i dlouhodobého účinku na žáky, však obdržel doposud jen málo pozornosti, zvláště pak u žáků gymnázia.

Hlavním cílem této diplomové práce bylo porovnat krátkodobou i dlouhodobou efektivitu výuky v terénu (na exkurzi) s klasickou výukou ve škole a to na příkladu tematického celku ekosystémy. Konkrétně jsem chtěla zjistit, zda se liší výsledky žáků (1) v jednotlivých testech mezi experimentální a kontrolní skupinou, (2) mezi jednotlivými testy napsanými s různým časovým odstupem, (3) v závislosti na dalších charakteristikách žáků.

Experimentu se zúčastnilo celkem 102 žáků ze tří gymnázií. Na každé škole byla vždy jedna třída experimentální, která byla vyučována v terénu, a jedna třída kontrolní, která byla téže látce vyučována klasicky ve škole. Žáci vyučovaní v terénu pracovali ve skupinách a plnili různé praktické úkoly dle pracovního listu. Výstupem z exkurze byla samostatná prezentace žáků o výsledcích jejich pozorování. Kontrolní třídy byly vyučovány metodou výkladu a řízeného rozhovoru a současně jim byla promítána prezentace s obrázky. Postupně se tak všichni žáci seznámili s těmito ekosystémy: skála, niva řeky, údolí potoka a potoční luh, lesní prameniště, lesní louka, různé typy lesa. Efektivita výuky byla zjišťována prostřednictvím tří následných testů: pretest, posttest 1 (zadán v následující hodině po výuce), posttest 2 (zadán pět měsíců po výuce). Součástí testů byl také dotazník ke zjištění doplňujících informací o žácích a jim nejlépe vyhovujících forem a metod vyučování a učení.

Žáci experimentální a kontrolní skupiny se na počátku nelišili ve svých znalostech (pretest). Významný rozdíl mezi oběma skupinami není patrný ani z výsledků posttestu 1. Z krátkodobého hlediska jsou tedy oba způsoby výuky stejně efektivní. Z dlouhodobého hlediska je však výuka v terénu více efektivní než klasická výuka (posttest 2). Přesto, že oba způsoby výuky přispěly k významnému zlepšení znalostí o ekosystémech, po pěti měsících po výuce došlo v obou skupinách žáků k určitému, poměrně malému, zapomínání. Pozitivní vliv na výsledky v obou posttestech má také zájem žáků o biologii a přírodovědně zaměřenou vysokou školu a v případě posttestu 1 také známka na vysvědčení. Výuka v terénu tak může mít významný vliv na znalosti žáků, a proto by měla být vhodně propojena s klasickou výukou.

**Klíčová slova:** Výuka v terénu, ekosystémy, efektivita výuky, krátkodobý a dlouhodobý efekt.

## Abstract

Long-term outdoor education and programs can have positive impact on students' knowledge as well as their attitude and also behavior. On the other hand the effect of short-term programs is questionable. However, these programs are the most important in practice. There are only few studies dealing with the effectiveness of short-term programs on both short-term as well as long-term outcomes of students. Moreover, most of these studies were applied for primary school students.

The aim of this thesis was to compare the short-term and the long-term effectiveness of outdoor education (field trip) with traditional education at the school. The comparison was made on the topic of ecosystems. I particularly wanted to examine the differences between (1) the results of experimental and control group in individual tests, (2) results of all students in subsequent tests as well as (3) in relation to other parameters of students.

There were 102 students from three grammar schools participating on the experiment. On each school there always was one experimental class which was taught in the field, and one control class which was taught by the traditional way at the school. In the outdoor education, students solved specific practical tasks and problems according to worksheets and they were working in groups. As a conclusion of the field trip the students had to make self-presentations. In the traditional education, the main method of teaching was lecturing and dialogue with students accompanied by presentations of thematic pictures. All students were subsequently taught to these ecosystems: rock, riverine woodland, valley of the brook, spring area in the wood, meadow and several forest types. The effectiveness of the education was surveyed by way of 3 subsequent tests: pretest, posttest 1 (written in the following lesson after teaching) and posttest 2 (written with a five months delay). A questionnaire to get supplementary information about students was also a part of these tests.

The knowledge of students of the experimental group and the control one was the same at the beginning of the experiment (pretest). There were also no significant differences in the results of posttest 1 between both groups of students. Therefore we can say that the short-term effect of the outdoor education is the same as the effect of the traditional one. On the other hand the outdoor education is more effective than the traditional one in long-term perspectives. Both kinds of education helped to improve the knowledge of ecosystems of all the students, though within five months all students forgot some of it. The interest in biology as well as in the study of natural history science is one of the most important parameters which influenced the results. In the case of posttest 1 it is also the school grade. The outdoor education can thus have strong effect on knowledge of students, and it should be suitably connected with the traditional one.

**Key words:** Outdoor education, ecosystems, effectiveness of the education, short-term effect and long-term effect.

# 1. Úvod

V současné době dochází k rychlému rozvoji vědeckého poznání a to zejména v oblasti přírodních věd. To vede k neustálému zvyšování požadavků na množství nově osvojovaných vědomostí, což se dostává do rozporu s možnostmi žáků a také s tradičními metodami vyučování. Vědomosti žáků jsou často nekvalitní a krátce po jejich osvojení dochází ve velkém rozsahu k zapomínání. Navíc mají žáci velké obtíže při použití těchto vědomostí, zvláště v praxi (Čáp 1993). Nabízí se nám tedy otázka, jak dosáhnout efektivnějšího vzdělávání, při němž by žáci získali dostatečné množství informací v relativně krátkém časovém období a současně by takto získané vědomosti zůstaly déle uchovány v paměti. Při hledání odpovědi na tuto otázku bychom jistě mohli zkoumat, jaké množství různých faktů a pojmů si žáci pamatují třeba i po delší době, ale jde nám skutečně jen o to?

Stále více učitelů a badatelů si v této souvislosti uvědomuje potřebu zaměřit třídní snahy na smysluplné učení a porozumění pojmům a ne se jen učit izolované části znalostí. Zdůrazňují tedy potřebu „kvality nad kvantitou“ ve smyslu, že se ne jen něco mechanicky naučit, ale hlavně látku pochopit a uvědomit si souvislosti. Cílem je tedy pomoci žákům vytvořit si ucelený rámec pevně propojených znalostí, které by vedly ke skutečnému porozumění přirozeným jevům a které mohou být rychle zpřístupněny a použity v reálném světě, v oblastech jako je například zdravotní péče či ochrana životního prostředí (Mintzes et al. 2001). Proto, aby mohlo smysluplné učení probíhat, je nezbytné rozvinout efektivní rozhovor mezi učitelem a žáky, který je založen na vytvoření společného překryvu představ a chápání určitých pojmů a souvislostí a který pomáhá odhalit případné žákovo neporozumění. Žáci zpravidla chápou pojmy na nižší úrovni, v oblasti pro ně známé, ale chybí jim obecný rozhled. Ten jim pomáhá zprostředkovat učitel představením svého vlastního rámce porozumění, například pomocí kreslení pojmových map (Kinchin 2003). Pro smysluplné učení je tedy nezbytné, aby byli žáci aktivně zapojeni do vlastního vyučovacího procesu, a to ať již prostřednictvím rozhovoru (Kinchin 2003), nebo také dalšími aktivitami, které vycházejí z konstruktivistické teorie učení (DiEnno et Hilton 2005).

Také psychologické výzkumy paměti dokládají, že trvalost zapamatování závisí jak na vštípení látky, tak zejména na způsobu zpracování informace (Linhart 1982). Již Ebbinghausovy experimenty ukázaly, že osvojení smysluplné látky je časově úspornější a má trvalejší výsledky narozdíl od mechanického učení. Navíc, pokud se nás určitá informace osobně týká nebo si ji sami podle sebe utřídíme, pamatujeme si tuto informaci lépe a delší dobu (Sternberg 2002). Pokud si osvojenou látku stále neopakujeme nebo ji prakticky

nepoužíváme, dochází k zapomínání. Jeho průběh lze vyjádřit křivkou zapomínání (Ebbinghaus 1885, sec. Čáp 1993), která může mít za různých podmínek poněkud odlišný charakter. Nejvíce však vždy zapomínáme krátce po osvojení (v prvních hodinách, dnech) a v dalších dnech a týdnech je již pokles znalostí mírnější (Čáp 1993).

V oblasti paměti a zapomínání bylo provedeno mnoho výzkumů, ale jejich výsledky se dosti liší, což je dané zejména tím, že se stále ještě neví, jak některé aspekty dlouhodobé paměti zkoumat (například její kapacita). Také maximální délka přetrvání informace v dlouhodobé paměti nebyla dosud zjištěna (Sternberg 2002). Například McGeoch et Irion (1952) (sec. Linhart 1982) ukazují, že po naučení smysluplného materiálu (báseň), zůstane v paměti po 15 dnech uchováno 64%, za 30 dní 40% a za 100 dní 38% z původní naučené látky. Také co se týče přesnosti zapamatování, ukazuje se, že pokud se učíme beze smyslu, zapomeneme za 1 hodinu stejné množství látky, jako bychom zapomněli z látky, které jsme porozuměli, až za 100 dní (přibližně 60% látky). Z toho tedy plyne, že učit se něco nazpaměť je prakticky bezcenné. Míra zapomínání závisí také na řadě různých faktorů. Mezi nejvýznamnější patří druh učiva a zejména, jak bylo výše zmíněno, jeho smysluplnost, dále pak metody vyučování a učení, motivace a vnější podmínky, žákův stav, opakování a jeho četnost a způsob (Čáp 1993).

V souvislosti se zkvalitňováním výuky jsou proto stále více využívány různé netradiční a modernizační metody a přístupy, které vedou ke zvýšení aktivity, samostatnosti a tvořivosti žáků ve vyučování. Často lze za aktivizační způsob výuky považovat již zařazování laboratorních prací (Killermann 1998) či pozorování různých přírodnin ve výuce, které následně mohou být součástí různých výstavek či tzv. přírodních stolků (Tomkins et Tunnicliffe 2007), kde jsou tyto přírodniny přístupny žákům po celou dobu vyučování. Místo skutečných přírodnin se také stále více používá různých počítačových simulací, v nichž mají žáci možnost poměrně detailně pozorovat různé biologické objekty (Predavec 2001, Kumar et Sheerwood 2007). Jejich striktní používání je však často kritizováno, jelikož počítač nemůže nahradit přirozené prostředí. Dalším možným způsobem aktivního zapojení žáků do výuky je zařazení problémového vyučování (Özlem et al. 2004, Tessier 2004, Goodnough 2006), kooperativního učení (Felder et al. 1998) či na zkušenostech a otázkách založených přístupů, které podporují přirozený zájem žáků o vědu. Poslední zmíněný přístup lze ideálně realizovat buď v pracovních skupinách nebo v pracovních stanicích ve škole, kde žáci řeší pomocí pokusů a pozorování různé úkoly (Schaal et Bogner 2005, Sturm et Bogner 2008), nebo může být realizován také mimo školu, jako součást určitého vědecké programu (Gibson et Chase 2002). Výuka mimo školu, neboli neformální vzdělávání, je dalším velice důležitým

způsobem, jak zprostředkovat žákům kontakt s přírodou. Zahrnuje exkurze do přírody, zoologických a botanických zahrad, muzeí, planetárií a také různé vědecké a terénní programy, které jsou realizovány v centrech vědy (Prokop 2007).

Jako výhodné se v současné době jeví přenést učební aktivity právě do mimoškolního prostředí a využít tak nepřeberných možností, které toto prostředí nabízí (Eshach 2007). Tato myšlenka vychází ze skutečnosti, že žáci tráví podstatné množství času mimo školu, kde se poznávání přírody a přírodních jevů, jakož i získávání řady dalších informací a zejména zkušeností stává přirozenou součástí jejich života. Žáci tak mají možnost prožít skutečné situace a získat nové praktické zkušenosti, které jsou spojeny s konkrétními zážitky. Vhodné je tedy spojit tradiční školní (formální) vzdělávání, s mimoškolním, zejména neformálním vzděláváním (dále je možné vymezit ještě informální vzdělávání, což je spontánní proces, který provází náš každodenní život, například při čtení časopisu, komunikaci v rodině) (Prokop 2007).

Neformální vzdělávání lze charakterizovat jako plánovanou a strukturovanou, ale velmi flexibilní formu vzdělávání, která se realizuje zejména mimo školu a to buď v různých institucích a organizacích (vědecká centra, muzea, ZOO) nebo v přírodě (exkurze do přírody, výuka v terénu) (Eshach 2007, Prokop 2007). Někdy bývá označováno jako protiklad formálního vzdělávání (Salmi 2003), častěji je však považováno spíše jako jeho doplňková forma (Prokop 2007), což podporuje myšlenku vzájemné propojenosti znalostí získaných ve škole s jejich ověřením a uplatněním v terénu či v nějaké vzdělávací instituci. Dalším charakteristickým znakem je, že žáci obvykle nejsou klasifikováni známkami, jsou vnitřně motivovaní a mají více prostoru pro seberealizaci. Neformální vzdělávání zpravidla vychází z potřeb formálního vzdělávání, které ale nelze uskutečnit ve třídě. Významným zprostředkovatelem neformálního vzdělávání je učitel nebo odborník v dané oblasti, na níž je kurz zaměřen (Prokop 2007).

Učení mimo školu představuje velký potenciál v pomoci žákům učit se novým poznatkům, jakož i ocenit a rozvinout kladný vztah k přírodě i k vědě. Tento potenciál však není plně využíván (Eshach 2007). Vyučující, výzkumníci, ale i tvůrci učebních osnov podceňují význam exkurzí a to zejména exkurzí do přírody (Orion et Hofstein 1994). Některé výzkumy dokonce ukazují, že učitelé mají tendenci vyhýbat se takovým exkurzím. Mezi nejčastější uváděné příčiny patří velká časová i finanční náročnost, obavy z neznalosti přírodnin a odpovědí na dotazy žáků, což může souviset s nedostatkem podkladů k přípravě, riziko zranění či ztráty žáka či celé skupiny v terénu, požadavky školního kurikula (Ziegler 2003, Dillon et al. 2006). Ačkoliv jsou exkurze do přírody náročné jak na přípravu, tak na

realizaci, představují však nejpřirozenější a také nejpodnětnější prostředí pro rozvoj a různé aktivity žáků. Jsou tedy příčiny pro jejich nedostatečné zařazování do výuky opravdu tolik podstatné nebo jen učitelé neporozuměli skutečnému významu a organizaci exkurzí?

Exkurze do přírody je organizační forma výuky, při které žáci pod vedením učitele odcházejí z obvyklého školního prostředí za účelem bezprostředního studia biologických objektů v jejich přirozeném životním prostředí, jehož cílem je nahromadění smyslové zkušenosti, doplnění a zpřesnění vědomostí a vytvoření praktických dovedností a návyků (Altmann 1972). Navíc má exkurze i velký motivační účinek. Při exkurzích můžeme také lépe poznat žáky a zároveň na ně vhodně působit, vést je k lásce k přírodě a k její ochraně.

Exkurze do přírody můžeme klasifikovat z různých hledisek, přesto však tato klasifikace není mezi různými autory jednotná (Altmann 1972, Ziegler 2004, Králíček et Bílek 2008). Podle obsahu a zaměření rozlišujeme: *exkurze specializované (monotématické)*, které sledují pouze určité téma nebo obor ve vyučovaném předmětu (například exkurze botanické, zoologické); *exkurze komplexní biologické*, které se zaměřují na to, aby žáci získávali poznatky na jedné exkurzi z více oborů; *exkurze komplexní přírodovědné*, které mají náplň nejen biologickou, ale i geologickou, geografickou, chemickou – všímáme si tedy i složky anorganické (Ziegler 2004). Králíček et Bílek (2008) vymezují ještě *komplexní mezipředmětové exkurze*, které jsou orientovány nejen na odbornou složku poznávání, ale i na všeobecně vzdělávací složku, takže se začlení například i pozorování historických památek a pamětihodností v místě exkurze. Podle vztahu k učivu a funkce se rozdělují exkurze na: *úvodní*, které slouží jako východisko pro motivaci tématického celku nebo pro sběr materiálu pro následující vyučovací hodiny; *průběžné*, které umožňují přímé zprostředkování a předání učiva; *závěrečné (následné)*, které se uskutečňují až po výuce souvisejícího tématu ve škole, umožňují shrnutí, aplikaci, prohloubení a také konfrontaci získaných znalostí s praxí (Ziegler 2004). Otázkou je, zda je vhodnější učit žáky přímo a pouze v terénu nebo využít exkurzi až po probrání příslušné látky ve škole. Odpověď na tuto otázku není jednoznačná, v každém případě však bude záviset na konkrétním tématu a možnostech objektu exkurze. Dále lze exkurze dělit dle časové náročnosti na *exkurze krátkodobé*, což představují často vycházky do okolí školy; a *exkurze dlouhodobé*, které mohou trvat jeden i více dnů a jsou soustředěny do vzdálenějších lokalit (to mohou být i různé biologické výlety, terénní cvičení, expedice) (Ziegler 2004). Ještě podrobnější členění pak uvádí Altmann (1972).

Význam exkurzí spočívá v tom, že lze využít četné aktivizující metody výuky, jako je rozhovor se žáky, řešení problémových úloh, didaktické hry, zpracování zadaného projektu či terénní sběr vzorků a podobně (Ziegler 2004). Zcela stěžejní je však *metoda pozorování*, při



níž žáci sledují organismy a jejich vzájemné vztahy i vztahy těchto organismů k přirozenému prostředí, a *provádění pokusů*, jimiž žáci ověřují platnost určitého tvrzení nebo jevu (Prokop et al. 2007). Exkurze se tak stává pro žáky atraktivní a příjemnou formou vyučování (Schaal et Bogner 2005), na které se mohou sami podle svých schopností a možností podílet a která jim umožňuje získat poznatky jinak než z výkladu učitele a učebnic. Přesto je však nutné si uvědomit, že ačkoliv žáci vnímají začlenění aktivizujících metod do výuky jako příjemné zpestření, nemusí být jejich učební výsledky uspokojivé (Schaal et Bogner 2005). Žáci totiž mohou zaměřit svoji pozornost pouze na zábavné prvky, které si sice snadno zapamatují, ale nejsou v souladu s tím, co bylo cílem výuky (Eshach 2007). Z tohoto důvodu je velice důležitá dobrá a promyšlená příprava a uskutečnění exkurze.

Exkurze by tedy měla obsahovat nejen vlastní provedení, ale také fázi přípravnou, která zahrnuje jak přípravu učitele, tak také přípravu žáků, a fázi zhodnocení a využití exkurze, která bývá realizována často již ve třídě za aktivní součinnosti žáků a učitele, například ve formě diskuse, referátů a podobně (Skalková 2007). I přes shodný průběh exkurze však mohou být vzdělávací výsledky velice odlišné.

Orion et Hofstein (1994) přisuzují obrovský význam právě přípravě žáků na exkurzi. Jejich studie totiž ukázala, že žáci, kteří byli předem dobře seznámeni s cíli exkurze, její lokalizací, průběhem a organizací, a zejména měli také možnost si vyzkoušet a nacvičit různé metody terénní práce a identifikace přírodnin již ve škole, dosáhli lepších výsledků a také si exkurzi lépe užili než žáci, kteří tuto přípravu neabsolvovali. K podobným výsledkům dospěli také Haynes et al. (2005), kteří zjistili, že žáci, kteří se připravovali na exkurzi pomocí internetu, udrželi při exkurzi déle pozornost a díky tomu získali také více znalostí. Orion et Hofstein (1994) ve své práci dále uvádějí tři hlavní skupiny faktorů, které mají vliv na kvalitu výuky v terénu. Jsou to faktory týkající se vyučování, jako je postavení exkurze v přírodovědném kurikulu, didaktické metody i kvalita samotného vyučujícího, dále pak faktory týkající se exkurze, jako je místo jejího konání, délka exkurze, počasí, a faktory týkající se samotných žáků a jejich dřívější zkušenosti s exkurzemi, navštívenou lokalitou, jejich vědomosti a postoje k přírodě a k biologii, ale i charakteristiky třídy, jako je počet žáků, jejich věk a podobně. Dillon et al. (2006) pak navíc ještě zdůrazňují možnost fobií u žáků, které mohou negativně působit na jejich postoj k exkurzi a sloužit jako bariéra při pozorování a zejména manipulaci s některými přírodninami. Důležitou roli hrají také učební styly žáků. Některým žákům vyhovuje se do výuky aktivně zapojit, zatímco jiní dávají přednost spíše výkladu a demonstracím prováděných učitelem či průvodcem. Právě žáci, kterým učební styl

založený na formálním vyučování nevyhovuje, se mohou na exkurzích naučit více (Dillon et al. 2006).

Existuje řada prací, které si kladli otázku efektivity výuky v terénu a jejího vlivu na znalosti, postoje a chování žáků. Dosavadní výzkumy se však značně liší v použité metodice, zkoumaných proměnných i experimentálním designu. Navíc jsou výsledky těchto výzkumů často neadekvátně statisticky zpracovány, což činí značné problémy při zobecnění dosažených zjištění (Leeming et al. 1993). I přes tyto nedostatky však několik prací ukazuje budoucí perspektivu terénního vyučování.

Téměř jednoznačně pozitivní vliv jak na znalosti, tak také postoje žáků mají dlouhodobé (letní) terénní a vědecké programy, jejichž délka se pohybuje nejčastěji v rozmezí 2–4 týdnů (Gibson et Chase 2002, Knox et al. 2003, Markowitz 2004). Tyto programy jsou realizovány při vysokých školách a jejich cílem je rozvíjet praktické dovednosti a schopnosti žáků vědecky pracovat. Žáci se tak učí zakládat laboratorní experimenty, vést odborné diskuse, vyhledávat potřebné informace v knihovnách a také se aktivně účastnit terénních exkurzí. Výzkumy navíc ukazují, že efekt takovýchto programů je relativně trvalý, jelikož i po 1–2 letech mají žáci velice pozitivní názor na vědu a vykazují zvýšený zájem o účast na dalších pokročilých kurzech, jakož i o povolání vědce – přírodovědce (Gibson et Chase 2002, Markowitz 2004). Podobně také Felder et al. (1998) odhalili pozitivní vliv dlouhodobě působícího aktivizačního a kooperativního učení u vysokoškolských studentů (pět semestrů) na jejich znalosti, dokončení studia a následný výběr povolání ve studovaném oboru.

Kromě těchto vědeckých programů, kterých se přednostně účastní žáci již se zájmem o přírodu a biologii, existují také studie zabývající se efektivitou různých ekologických a ochránářských programů realizovaných v průběhu celého školního roku v některých třídách (Leeming et Porter 1997, Bogner 1999). Obě tyto studie byly provedeny s mladšími žáky – ze základních škol, kteří se v průběhu školního roku podíleli na různých environmentálních aktivitách. Například v případě práce Bognera (1999) byli žáci nejprve seznámeni s životní historií ohroženého ptačího druhu, pro nějž pak zhotovovali budky, které umístili v terénu (bylo součástí exkurze) a následně prováděli průběžná pozorování jejich osídlenosti a využívání k hnízdění. Tato studie ukazuje významné zlepšení znalostí i postojů u žáků účastníků se ochránářského programu. V případě druhé studie (Leeming et Porter 1997) došlo vlivem ekologického programu také k významnému zlepšení vztahu k přírodě, a to nejvíce u mladších žáků (1.–3. ročník) a žáků se zájmem o přírodu. Avšak znalosti těchto žáků se významně nelišily od těch, kteří se programu neúčastnili.

Významně pozitivní vliv na porozumění ekologickým pojmům a principům i na postoj žáků k ochraně životního prostředí a ohrožených ekosystémů ukazují také kratší ekologicky zaměřené výukové programy, které se týkají určitého typu ekosystémů – sladkovodní ekosystémy (Manzanal et al. 1999) nebo korálové útesy (Armstrong 2005). Po dobu 4 nebo 8 týdnů se žáci (celé třídy) účastnili ekologického programu ve škole. Již samotná výuka přispěla významně ke zlepšení znalostí žáků, avšak skupina, která se aktivně účastnila také terénních prací v daném ekosystému zaměřených na identifikaci organismů a jejich vztahů a na studium dalších stanovištních charakteristik, vykazala jednoznačně lepší porozumění jednotlivým složkám ekosystémů a to v přímém vztahu k rozvoji vhodného postoje k ochraně studovaného ekosystému (Manzanal et al. 1999). Podobně probíhal také výzkum zaměřený na korálové útesy (Armstrong 2005), jehož výsledky rovněž ukazují pozitivní reakce žáků i učitelů na terénní výuku.

Výše uvedené ukazuje, že extrakurikulární kurzy a různé výukové terénní programy trvající alespoň 14 dní mohou mít vyznaný vliv na znalosti a postoje žáků k biologii. Přesto však jsou ale pro školní praxi mnohem důležitější kurzy kratší. Často již výuka v terénu trvající déle než 1 den je z mnoha důvodů nepraktická a proto je také méně realizována (Prokop et al. 2007). Výzkum efektivity takovýchto krátkodobých terénních kurzů (zpravidla 1–5 dnů) však doposud obdržel jen málo pozornosti a navíc je jejich vliv na znalosti a postoje žáků značně nejednotný.

Nejkratší známý a přesvědčivý dopad výuky v terénu na znalosti a postoje žáků ukazují ve své studii Orion et Hofstein až v roce 1994, v níž žáci střední školy v Izraeli byli podrobeni jednodenní geologické exkurzi. Obdobných výsledků dosáhli také Prokop et al. (2006, 2007), kteří provedli dvě velice podobné studie s žáky ze slovenských základních škol. Žáci experimentálních tříd se účastnili jednodenní terénní exkurze zaměřené na čtyři základní ekosystémy (les, louka, sladkovodní a půdní ekosystém), v nichž vypracovávali různé úkoly, které se týkaly například odběru planktonu, sběru rostlin a živočichů a jejich identifikace, role odchycených živočichů v potravním řetězci jednotlivých ekosystémů. Po 4 dnech (Prokop et al. 2006), respektive po 3 dnech (Prokop et al. 2007) po konání exkurze byl testován její krátkodobý efekt. Obě studie potvrdily významné zlepšení žáků účastnících se exkurze v porovnání s kontrolní skupinou, a to jak z hlediska znalostí – žáci lépe porozuměli ekologickým pojmům a podstatě ekosystémů, tak také z hlediska postojů k přírodě, přírodopisu i povolání přírodovědce. Jelikož žáci věděli, že test není na známky, a tedy se na něj pravděpodobně nijak nepřipravovali, mají tyto studie význam v tom, že ukazují skutečný, ale krátkodobý efekt různých způsobů výuky. Dále také Žoldošová et Prokop (2006) zkoumali

vliv pětidenního terénního programu na zájem a představy žáků základní školy o vědě. Výsledky této studie ukazují, že vlivem exkurze se zvýšil zájem žáků o tematickou literaturu i o praktický a aktivní způsob výuky v terénu. Nevýhodou této studie však je, že byl zadán žákům pouze jeden test po skončení exkurze, ale nebyly zjišťovány jejich zájmy také před jejím uskutečněním. Mohlo by se totiž stát, že žáci experimentální skupiny měli již dříve lepší vztah k přírodě a přírodopisu a efekt exkurze by pak nemusel být významný.

Někteří další autoři se navíc snažili zjistit vliv krátkodobé terénní výuky také na dlouhodobý výkon žáků, tedy to co si žáci ještě pamatují po delší době, nejčastěji po 1 měsíci po konání kurzu. Unikátní v tomto ohledu je práce Bognera (1998), která nejenže shromáždila dostatečné množství dat, ale také se vyrovnala s mnohými problémy, které vystupují v dřívějších pracích (Leeming et al. 1993). Bogner (1998) zkoumal vliv jednodenního a pětidenního terénního ekologického programu v národním parku na znalosti a postoje žáků základních škol, a to jak po 1 měsíci, tak v případě pětidenního programu také ještě po 6 měsících po jeho konání. Výsledky ukazují, že znalosti žáků účastnících se jednodenního nebo pětidenního programu jsou významně lepší než znalosti žáků z kontrolní skupiny (po 1 i 6 měsících), avšak jen pětidenní program významně zlepšil postoje a chování žáků k přírodě, které vytrvaly i po 6 měsících. Tato studie dokládá, že vhodná délka kurzu (alespoň pět dní) může mít významný pozitivní vliv na postoje a chování žáků. Také práce Bognera (2002) ukazuje, že vlivem čtyřdenního ekologického kurzu mají žáci experimentální skupiny po jednom měsíci lepší postoj k prostředí.

Řada dalších studií však ukazuje, že netradiční a aktivizační způsob výuky nemusí být vždy lepší v dosažených znalostech (a někdy i postojích) než klasická výuka. Schaal et Bogner (2005) ukázali, že žáci základní školy, kteří vykonávali různé praktické úkoly v pracovních stanicích dosáhli bezprostředně po výuce přibližně stejných výsledků jako jejich vrstevníci vyučovaní klasicky, avšak po 6 týdnech po výuce byl výkon experimentální skupiny horší – tito žáci tedy mnohem více zapomínali. Postoje k vyučované látce se však vlivem praktických činností zlepšily. Téměř stejných výsledků dosáhli také Sturm et Bogner (2008) u žáků středních škol, kteří byli taktéž podrobeni výuce v pracovních stanicích. Srovnání výsledků žáků (Randler et Bogner 2002), kteří se učili identifikovat ptačí druhy pomocí vycpanin a klasicky (s pomocí obrázků) ukazuje, že z krátkodobého hlediska jsou oba způsoby výuky stejně efektivní, avšak po 6 týdnech žáci experimentální skupiny nevykazují žádné významné zhoršení, zatímco někteří žáci z kontrolní skupiny zapomínali více. Výsledky této studie však nejsou zcela přesvědčivé, jelikož srovnává výkon žáků (ačkoliv odděleně) z různých znalostních skupin (5. a 6. ročník základní školy a gymnázium), přičemž

pro žáky základních škol je rozdíl patrný, zatímco pro žáky gymnázia nikoliv. Tito autoři provedli tutéž studii ještě o čtyři roky později, avšak pouze se žáky základních škol a navíc snížili počet položek ptáků, které měli žáci identifikovat, na 6 druhů. Skupinová práce s využitím vycpanin při učení je v tomto případě více efektivní než klasická výuka (Randler et Bogner 2006).

Shrnutí výsledků dosavadních studií týkajících se efektivity výuky v terénu ukazuje, že dlouhodobě působící kurzy a terénní programy (i více než dva roky nebo alespoň 2–4 týdny) mají pozitivní vliv na znalosti, postoje a chování žáků (Felder et al. 1998, Bogner 1999, Gibson et Chase 2002, Knox et al. 2003, Markowitz 2004). Vliv kratších kurzů (1–5 dní) je však diskutabilní, ačkoliv právě tyto kurzy mají z praktického hlediska nezastupitelný význam. Studií sledujících vliv kratších kurzů je však poměrně málo a navíc ve většině z nich byli do výzkumů zahrnuti pouze žáci základních škol. Některé ze studií, týkajících se vlivu kratších kurzů, se zabývají pouze krátkodobými efekty terénní výuky (Orion et Hofstein 1994, Prokop et al. 2006, 2007), které ale přinášejí poměrně uspokojivé výsledky. Práce sledující také dlouhodobé efekty terénních výuky již tolik úspěšné nejsou (Randler et Bogner 2002, Schaal et Bogner 2005, Sturm et Bogner 2008). Ve většině těchto prací je dlouhodobý efekt zkoumán pouze s časovým odstupem přibližně jednoho měsíce, ačkoliv snahou jakékoliv výuky je, aby si žáci pamatovali látku déle. Pouze jediná práce (Bogner 1998) ukazuje příznivé výsledky pětidenní terénní výuky i po půl roce. Zobecnění výsledků mnohých výzkumů navíc často brání jejich metodologické a statistické nedostatky (Leeming et al. 1993).

Pro studium efektivity výuky v terénu u žáků gymnázia byl zvolen modelový tematický celek ekosystémy. Toto téma je velice vhodné právě pro výuku v přírodě (obrázek 1), jelikož poskytuje žákům možnost získat vlastní zkušenosti s různými ekosystémy a jejich fungováním a lépe tak porozumět vztahům mezi organismy a prostředím i mezi organismy navzájem. Výuka ekologie je na školách často pojata příliš obecně a zaměřuje se zejména na jednotlivé pojmy, nikoliv však na jejich širší souvislosti. Ukazuje se, že pokud si žáci nemohou některé ekologické pojmy, jako například ekosystém, představit, je pro ně velice obtížné tyto pojmy zcela a správně pochopit (Sander et al. 2006). Možné řešení pro vylepšení porozumění žáků ekologickým pojmům a principům přináší nově zaváděné Rámcové vzdělávací programy (VÚP Praha 2006), které poskytují větší volnost školám při tvorbě jejich vlastních Školních vzdělávacích programů a tak také větší příležitost pro realizaci terénních

exkurzí. Navíc průřezové téma Environmentální výchova se přímo vybízí k tomu, aby bylo realizováno nějakou netradiční a aktivizační formou – tedy například výukou v terénu. Praktické osvojování teoretických poznatků navíc pomáhá utvářet pozitivní přístup žáků k životnímu prostředí a jeho ochraně a zároveň se podílí na osvojování a rozvíjení klíčových kompetencí žáků.

## 2. Cíle práce a testované hypotézy

Hlavním cílem této diplomové práce je porovnat krátkodobou i dlouhodobou efektivitu výuky v terénu (na exkurzi) s klasickou výukou ve škole a to na příkladu tematického celku ekosystémy.

Pro splnění tohoto cíle byly vymezeny následující dílčí cíle:

- zpracování příprav pro klasicky vedenou výuku a výuku v terénu
- navržení pracovních listů pro práci žáků v terénu
- vytvoření výzkumného nástroje
- realizace didaktického experimentu
- statistické zpracování získaných výsledků

Při zjišťování krátkodobé i dlouhodobé efektivity obou způsobů výuky byla ověřována platnost těchto hypotéz:

1. Žáci experimentální i kontrolní skupiny budou dosahovat v pretestu stejných výsledků.
2. Žáci experimentální i kontrolní skupiny budou v posttestu 1 dosahovat lepších výsledků než v pretestu.
3. Žáci experimentální skupiny budou v posttestu 1 dosahovat lepších výsledků než žáci kontrolní skupiny v témže posttestu.
4. Žáci experimentální skupiny budou v posttestu 2 dosahovat lepších výsledků než žáci kontrolní skupiny v témže posttestu.
5. Žáci experimentální i kontrolní skupiny budou dosahovat lepších výsledků v posttestu 1 než v posttestu 2.
6. Výkon žáků obou skupin **bude** v posttestu 1 korelovat s jejich známkou na vysvědčení.

7. Výkon žáků obou skupin **nebude** v posttestu 2 korelovat s jejich známkou na vysvědčení.
8. Lepších výsledků v posttestu 1 i posttestu 2 budou dosahovat žáci se zájmem o biologii.
9. Lepších výsledků v posttestu 1 i posttestu 2 budou dosahovat žáci žijící na venkově.
10. Lepších výsledků v posttestu 1 i posttestu 2 budou dosahovat žáci, kteří uvedli, že pro ně byl realizovaný způsob výuky (exkurze nebo klasická výuka) více přínosný než druhá možnost.



**Obrázek 1:** Výuka v terénu.



### 3. Charakteristika území

#### 3. 1. Vymezení území

Pro uskutečnění exkurze byla zvolena Chráněná krajinná oblast a Biosferická rezervace Křivoklátsko. Krajina Křivoklátska je velice vhodná při výuce biologie – zejména botaniky a zoologie, ale také při výuce ekologie a geologie, jelikož se vyznačuje velkou rozmanitostí různých stanovišť a ekosystémů, které se váží na pestré geologické podloží. Celé území chráněné krajinné oblasti se také vyznačuje velkou zachovalostí přírody a výskytem mnoha vzácných a ohrožených druhů rostlin i živočichů, což by mělo vést žáky k uvědomění si nutnosti chránit přírodu.

Trasa exkurze (obrázek 2) je vedena po naučné stezce Brdatka, která prochází stejnojmennou přírodní rezervací. Naučná stezka byla zřízena na strmé stráni na levém břehu řeky Berounky mezi Křivoklátem a Zbečnem. Vede po zeleně značené stezce od Zbečna vzhůru údolím potoka Štíhllice a přes lesní louku Fořtmanská seč k silnici Písky-Křivoklát, kde se napojuje na červené turistické značení směrem ke Křivoklátu. Celková délka stezky je 3,3 km a má 16 zastávek. Výškové převýšení je 186 m. Doba potřebná na projití je asi 1,5–2 hodiny (Štěpánek et al. 1994). Zastávky jsou věnovány přírodním poměrům – geologii, botanice, zoologii, lesu. Místy se odkrývá nádherný pohled do údolí Berounky. Naučná stezka je obousměrná.

Název Brdatka pravděpodobně pochází ze staročeského názvu „brdo“, což znamená „včelí úl“. Výslunná strán v blízkosti hradu představovala ve středověku také ideální místo pro včelaření. Med a vosk byly v té době cenné suroviny (naučný panel č. 1, NS Brdatka).



**Obrázek 2:** Trasa exkurze (označeno růžově), 1: 50 000 (Klub českých turistů 1999).

### 3. 2. Geologie

Z geologického hlediska náleží celé území CHKO Křivoklátsko tzv. tepelsko-barrandienské jednotce, jejíž centrální část zahrnující spodní paleozoikum a okolní starohorní podklad se tradičně označuje jako Barrandien (na počest francouzského paleontologa Joachima Barranda). Na území CHKO vystupují tři základní geologické jednotky: (1) nemetamorfované až slabě metamorfované usazené a vulkanické horniny svrchních starohor (neoproterozoika), (2) nadložní mořské usazeniny skryjsko-týřovického středního kambria, (3) svrchnokambrické subaerické vulkanity křivoklátsko-rokycanského pásma (Stárková et Waldhausrová 2004).

Neoproterozoické horniny byly deformovány (zvrásněny a porušeny křehkými zlomy) během tzv. kadomského vrásnění (orogeneze) na konci neoproterozoika a ve spodním kambriu (před cca 560–530 milióny let). Během svrchního devonu a spodního karbonu (před cca 380–345 milióny let) pak byly všechny geologické jednotky na Křivoklátsku (včetně starohorního podkladu) ještě jednou zvrásněny a porušeny zlomy během tzv. variského vrásnění.

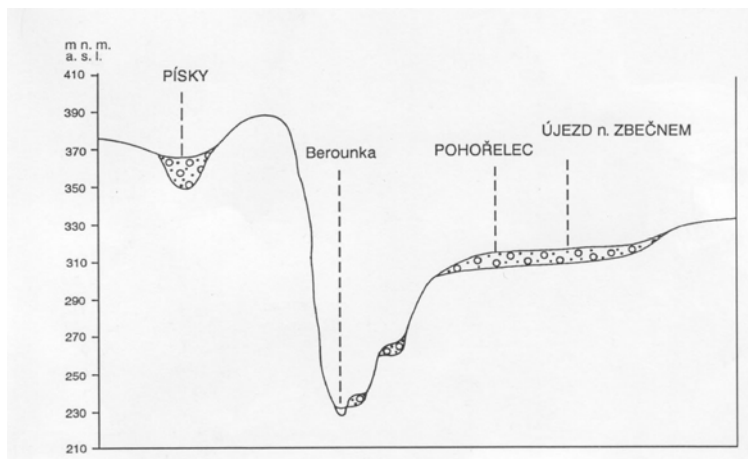
V důsledku této polyfázové deformace jsou úložné poměry horninových těles v CHKO Křivoklátsko velmi komplikované, neboť původně horizontálně uložené vrstvy mají různou orientaci (směr a sklon) (Stárková et Waldhausrová 2004). To má význam z hlediska stanovištních poměrů především na svazích. V případě, že je sklon vrstev zhruba rovnoběžný se sklonem svahu, je omezen vsak srážek a těžko se vytváří mocnější půdní kryt, zatímco tam, kde vrstvy protínají povrch svahu kolmo nebo pod velkým úhlem, zasakují srážky do mezivrstevních spár, kde se snadno uchycuje vegetace včetně stromů, mnohdy i na velmi strmých srážech (Kolbek et al. 1999).

Geologický podklad přírodní rezervace Brdatka tvoří neoproterozoické břidlice s vložkami buližníků (Mašek 1997). Břidlice se usazovaly na dně tehdejšího moře, kde současně se sedimentací docházelo k podmořským výlevům bazaltových láv (tyto horniny byly dříve označovány jako tzv. spility). Na vulkanická centra byly vázány submarinní exhalace gelů kyseliny křemičité, z kterých vznikly monominerální horniny tvořené křemenem – buližníky (lydity). Tyto submarinní exhalace byly též velmi často doprovázeny aktivitou primitivních mikroorganismů (sinic a bakterií), což dokazují vrstevnaté útvary (stromatolity) nalezené v buližnících. Buližníky mají bělavou, červenou až šedočernou barvu a vyznačují se mimořádnou odolností vůči mechanickému i chemickému zvětrávání (Zíková 2005). Buližníky jsou odkryty například na levém břehu potoka Štíhlíce (na trase exkurze).

Tento výchoz byl během kvartéru modelován povětrnostními vlivy a činností vodního toku, a proto z něj zde zbylo jen rozsáhlé suťové a balvanité pole. Na pravém břehu potoka můžeme v podloží sledovat skelet okolních hornin – starohorních břidlic, na nichž jsou naváté čtvrtohorní sprašové hlíny (prachovice) vzniklé v dobách ledových (naučný panel č. 14, NS Brdatka).

Usazeniny třetihorního stáří pokrývají na Křivoklátsku jen malé plochy. Jsou to převážně žlutohnědé štěrky a písky s převládajícími křemeny, buližníky, křemenci a prachové jíly. Jde o zbytky říčních a jezerních usazenin vzniklých za teplého subtropického podnebí. S výskytem třetihorních sedimentů se můžeme setkat v blízkosti naučné stezky, v místě zvaném Písky (Mašek 1997).

Uložení nejmladšího útvaru – čtvrtohor – jsou na Křivoklátsku významné, nejsou však rovnoměrně rozložené. Vznikaly různým způsobem – v tekoucí vodě jako říční a potoční náplavy, působením větru jako vápnité spraše a nevápnité sprašové hlíny, i působením gravitace jako svahoviny. Všechny tyto děje byly spojeny s činností kontinentálního ledovce, pod jehož vlivem bylo i naše území. Opakovaný postup a ústup ledovce výrazně ovlivňoval nejen vegetační kryt, ale také vodní toky (střídání eroze a akumulace). Jedinečně zachované údolí Berounky má proto všechny znaky postupně se zahlubujícího a meandrujícího toku. Jeho vývoj dokládají především říční terasy (obrázek 3) (Mašek 1997).



**Obrázek 3:** Třetihorní (Písky) a čtvrtohorní terasy v údolí Berounky mezi Křivoklátem a Zbečnem (Mašek 1997).

Údolí Berounky má znaky epigenetického (vnuceného) údolí. Řeka, protékající nejprve měkkými pokryvnými horninami, nemohla po zahloubení do odolnějšího skalního podkladu už zásadněji měnit směr toku a pouze meandrovala. Úrovni Berounky se přizpůsobovaly její přítoky. U nich se zejména na území svrchnokambrických vulkanitů (tzv. křivoklátsko-rokycanské pásmo) zpětnou erozí vytvořila údolí až horského rázu, se strmými svahy (Mašek 1997).

### 3. 3. Geomorfologie

Současný členitý reliéf je odrazem horninově pestré geologické stavby a dlouhého a složitého vývoje v minulosti, kdy docházelo ke střídání období, v nichž bylo Křivoklátsko pevninou s převažujícími odnosnými pochody, s obdobími, kdy bylo zalité mořem. Teprve během nejmladšího období terciéru – pliocénu se zakládá současná říční síť v podobě široce rozevřených údolí se zaoblenými svahy. Z hlediska vývoje stanovištních poměrů je podstatné, že až do začátku kvartéru zde nebyly skalnaté údolní zářezy. Ty vznikly teprve v tomto nejmladším období a propůjčily postupně křivoklátské krajině její dnešní členitý vzhled. Odnosné pochody, působící zejména v drsném klimatu ledových dob, odkryly čerstvý skalní podklad nejen v údolích vodních toků, především Berounky a jejích větších přítoků, ale modelovaly i terén podle různé odolnosti hornin. Mimořádně odolné bulizníky a do značné míry i kambrické vulkanity a ordovické křemence proto vytvořily skalnaté vrcholy zpestřující zejména jižní část Křivoklátska, která tak spolu se zahlubováním údolí nabyla vrchovinný charakter. Z tohoto stavu vychází i geomorfologické členění území (Kolbek et al. 1999).

Geograficky přísluší celé území Křivoklátska k soustavě vrchoviny Berounky, v níž jsou zastoupeny dvě podsoustavy – Brdská vrchovina a Plzeňská pahorkatina (Demek et al. 1965). V severozápadní části Brdské vrchoviny se rozkládá Křivoklátská vrchovina, pro jejíž reliéf je charakteristická existence krátkých hřbetů a hlubokých údolí potoků (Demek et al. 1965). Ta je dále dělena Berounkou na severní Lánskou pahorkatinu a jižní Zbizožskou vrchovinu, které lze ještě dále členit. Zájmové území se nachází na levém břehu Berounky a spadá tak do Lánské pahorkatiny, jejímiž nejvyššími body jsou Tuchonín (488 m) a Vysoký vrch (487 m) (Zíková 2005). Pahorkatina je tvořena denudačními plošinami a mírnými svahy, které směrem k jihu přecházejí do strmých strání hluboce zaříznutého údolí Berounky (Hůla et Štěpánek 1996). Větší členitost s řadou strží a roklí je patrná v povodí řek Loděnice, Klíčavy, Vůznice a jejich přítoků (Zíková 2005), což na trase exkurze dokládá údolí potoka Štíhlíce.

Na terénní tvary modelované mladým kvartérním odnosem se váží dva významné ekologické fenomény, které podstatně zvyšují stanovištní diverzitu i druhové bohatství Křivoklátska. Jedná se o říční a vrcholový fenomén, na jejichž kombinaci je vázán výskyt otevřených plošek s xerothermními společenstvy a keřovými lemy označované jako pleše (Kolbek et al. 1999).

### 3. 4. Půdy

Půdy chráněné oblasti se tvořily převážně vlivem podnebí a horninového podkladu (Mašek 1997). Vyzrálým a velkoplošně zastoupeným půdním typem je středoevropská hnědozem, která se vyvíjí pod listnatými lesy a vyskytuje se do nadmořské výšky přibližně 500 m (Zíková 2005). Hnědozem vytvořená na proterozoických břidlicích je na plošinách a mírných svazích velmi uléhavá a špatně provzdušněná. Na sprašových nebo podsvahových hlínách se vyvinuly parahnědozemě, v mělkých depresích denudačních plošin potom pseudogleje (Kolbek et al. 1997).

Ostrůvkovitě se zde vyskytují i jiné typy půd, jejichž vlastnosti jsou výrazně ovlivněny místním vodním režimem nebo reliéfem s čerstvými výchozy různých hornin. Z hlediska výskytu flóry i vegetace mají prvořadý význam mělké humózní A/C-půdy na čerstvých horninách. Na silikátových a vůbec nevápnitých substrátech jsou to rankery, typické půdy skalních stepí na skalnatých stráních ve velkých údolích, především na Berounce. Jejich úživnost se řídí minerální silou výchozích hornin (Kolbek et al. 1999).

Na podmáčených polohách, většinou v dnech údolí menších potoků se utvořily gleje. Tam, kde voda vystupuje po většinu roku až na povrch půdy, se jedná o půdy typu anmór (web 1). V nivách větších toků, zejména Berounky, se tvoří nivní půdy (Mašek 1997).

### 3. 5. Klima

Křivoklátsko spadá do mírně teplé a mírně suché klimatické oblasti, okrsku MT 11 (Quitt 1971), charakterizované dlouhým, suchým a teplým létem, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a podzimem, krátkou, mírně teplou a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrné roční teploty jsou 7–8°C. V kaňonovitých partiích údolí se projevuje teplotní inverze, což podmiňuje zvrát vegetačních pásem (Kolbek et al. 1997). Na stanovištích skalních ostrožien s teplomilnou bylinnou vegetací nebo reliktními bory se výrazně zvyšuje v radiačních dnech výpar i teplota oproti okolním lesním porostům (Kolbek et al. 1997).

Oblast se nachází na okraji srážkového stínu Krušných hor (Hůla et Štěpánek 1996). Průměrné roční srážky jsou 500–600 mm, ve vegetačním období spadne však jen 350 mm srážek (Vesecký et al. 1958, sec. Kolbek et al. 1997). Území proto patří do suché oblasti Čech. Převládající směr větru je západní a jihozápadní (Vesecký 1961), což má význam pro vytváření nádeštných poloh a kondenzací mlh (Kolbek et al. 1997).

Velmi důležité pro vegetaci jsou anomálie projevující se v mezoklimatu a mikroklimatu stanovišť. V hluboce zaříznutých údolích se výrazně uplatňuje inverzní fenomén a chod teplot je odlišný. Zatímco dna údolí jsou studená a vlhká, horní poloviny svahů jsou podstatně sušší a teplejší. Rovněž dobře patrné jsou expoziční rozdíly (například protilehlých svahů) vykazující odlišné klimatické charakteristiky. Mikroklima velmi blízkých stanovišť tak může být velmi odlišné (Kolbek et al. 1997).

### **3. 6. Vodní poměry**

Křivoklátsko je celkově chudé na podzemní vody, což vyplývá z nízké srážkové aktivity i z nevhodného geologického prostředí pro vytváření kolektorů podzemních vod. Většina území je totiž tvořena proterozoickými břidlicemi a drobami, které mají díky jílovitému zvětrávání velmi nízkou puklinovou propustnost. Lepší puklinovou propustnost mají vulkanické horniny, ale ani zde nevznikají vydatnější zásoby podzemních vod (Hůla et Štěpánek 1996).

Středem Křivoklátska protéká jeden z posledních říčních toků Čech a Moravy, který si zachoval svůj přírodní charakter. Je to řeka Berounka. Délka průtoku je 42,5 km, převýšení je 33 m. Během svého průtoku Křivoklátskem posbírá řeka celkem sedmáct levostranných a devatenáct pravostranných přítoků, převážně bystřinného charakteru. Část území je do Berounky odvodňována nepřímo říčkou Litavkou a Loděnicí. Největší a nejvýznamnější přehradní akumulací nádrží je Klíčava, která se nachází ve Zbečně (web 1).

### **3. 7. Rostlinstvo**

Členitý reliéf Křivoklátska podmiňuje výskyt značně termicky a vlhkostně odlišných ekotopů a jejich značnou diverzitu umocněnou jejich maloplošností, která umožňuje migraci druhů (Mladý 1990). Osou území je hluboké údolí Berounky, ve kterém se na převládajícím skalním podkladu s členitým reliéfem vhloubeným do proterozoické paroviny vyskytují ekotypy s extrémními stanovištními podmínkami. Patří k nim skalní kulisy a ostrožny orientované většinou k jihu, vzácně i k severu a chladové kotliny v údolích potoků. Uplatňuje se zde výrazně zvrát vegetačních stupňů: termofyta jsou rozšířena na vrcholových částech terénních útvarů, zatímco montánní typy jsou soustředěny v dolních částech svahů a při dnech inverzních roklí (Kolbek et al. 1997).

Většinu území dosud zaujímají lesní porosty, z nichž mnohé si zachovaly přirozený charakter. Z klimaxových vegetačních typů zde převládají dubohabřiny a subxerothermní

doubravy. Z nelesních prvků je nápadná koncentrace xerothermních taxonů společenstev skalních štěrbin a pionýrských skalních společenstev jižních svahů na silikátových substrátech (Petříček et Kolbek 1990).

Na území naučné stezky se setkáme s několika význačnými vegetačními typy. V údolí potoka Štíhlíce se nachází potoční olšina, na níž navazuje lesní prameniště se společenstvy obohacenými vodou. Pro tato stanoviště jsou typické jasaný (*Fraxinus excelsior*) a olše (*Alnus* sp.) spolu s habrem (*Carpinus betulus*), dubem (*Quercus* sp.), střemchou hroznovitou (*Prunus padus*) či bezem černým (*Sambucus nigra*). Z bylin se zde můžeme setkat například s řeřišnicí hořkou (*Cardamine amara*), mokřýšem střídavolistým (*Chrysosplenium alternifolium*), rozrazilem potočním (*Veronica baccabunga*), četnými druhy mechů a kapradin. V širším okolí se vyskytují druhy habrových javořin a dubohabřin jako například kopytník evropský (*Asarum europaeum*), kyčelnice devítilistá (*Dentaria enneaphyllos*), konvalinka vonná (*Convallaria majalis*), ostřice třeslicovitá (*Carex brizoides*), žindava evropská (*Sanicula europaea*).

Vlastní přírodní rezervace se vyznačuje vegetační pásmovitostí na základě nadmořské výšky – polohy stanoviště vzhledem ke dnu údolí Berounky. V nižších polohách, převážně na suťových svazích a kamenitých půdách, nad dnem údolí, se vyskytují lipové javořiny. Hlavními dřevinami jsou zde lípa srdčitá (*Tilia cordata*), javor mléč (*Acer platanoides*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), jilm horský (*Ulmus glabra*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), méně dub zimní (*Quercus petraea*) a habr obecný (*Carpinus betulus*) (Hůla et Štěpánek 1996), z keřů pak brslen (*Euonymus europaea*), řešetlák (*Rhamnus* sp.), hlohy (*Crataegus* sp.), svída (*Cornus* sp.), líska (*Corylus* sp.). Ve středních polohách svahu, na vysýchavých půdách se pak vyskytuje habrová doubrava se středně náročnými teplomilnými a hájovými druhy – například ptačinec velkokvětý (*Stellaria holostea*) a lipnice hajní (*Poa nemoralis*). Z hlavních dřevin zde roste dub (*Quercus* sp.), habr (*Carpinus betulus*), zimolez (*Lonicera* sp.), líska (*Corylus* sp.), svída (*Cornus* sp.), ptačí zob (*Ligustrum vulgare*). Vrcholové části vázané na strmé jižní svahy jsou velmi teplé a suché a proto se dřeviny vyznačují omezeným vzrůstem – typická je zde zakrslá doubrava. Hlavní dřevinou je dub zimní (*Quercus petraea*) s příměsí habru (*Carpinus betulus*), jeřábu břeku a muku (*Sorbus torminalis*, *S. aucuparia*), břízy (*Betula pendula*) a borovice (*Pinus* sp.). Významné jsou i teplomilné byliny jako například kostřava ovčí (*Festuca ovina*), pavínek horský (*Jasione montana*), jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*), smolníčka obecná (*Lychnis viscaria*) či vřes obecný (*Calluna vulgaris*) (naučný panel č. 5 a 8, NS Brdatka). Na skalních výchozech se mozaikovitě vyskytují i travinobylinná společenstva s výskytem chráněných



druhů, například lilie zlatohlavá (*Lilium martagon*), kavyl Ivanův (*Stipa pennata*), chrpa chlumní (*Centaurea triumfettii*), tařice skalní (*Aurinia saxatilis*), bělozářka liliovitá (*Anthericum liliago*) a bělozářka větvitá (*Anthericum ramosum*) (obrázek 4) (Mannová 1994).



**Obrázek 4:** Porosty bělozářky liliovité (*Anthericum liliago*) v zakrslé doubravě.

### 3. 8. Živočišstvo

Fauna Křivoklátska je typickou faunou teplé lesní oblasti (Hůla et Štěpánek 1996). Na území přírodní rezervace Brdatka se vyskytuje pestrá škála různých forem života, která je daná nabídkou rozmanitých stanovišť. Z velkého množství živočišných druhů obývajících rezervaci jich patří většina mezi teplomilné a suchomilné druhy, údolí Štíhlíce naopak představuje významné životní prostředí pro vodní larvy jinak suchozemského hmyzu a mnohé obojživelníky.

Významnými zástupci světlých teplých lesů jsou například užovka hladká (*Coronella austriaca*) a některé druhy motýlů jako okáč pýrový (*Perarge aegeria*), perleťovec kopřivový (*Brenthis ino*), bělopásek dvouřadý (*Limenitis camilla*). Skalní stepi a výchozy upřednostňuje pavouk stepník rudý (*Eresus cinnaberinus*), mravkolev (*Myrmeleon formicarius*), ještěrka zelená (*Lacerta viridis*), ještěrka obecná (*Lacerta agilis*), skály dále využívá i výr velký (*Bubo bubo*) a kuna skalní (*Martes foina*). Zachovalá lesní společenstva obývá lejsek bělokrký (*Ficedula albicollis*), četní šplhavci – šoupálek krátkoprstý (*Certhia brachydactyla*), datel černý (*Dryocopus martius*), strakapoud prostřední (*Dendrocopos medius*), žluna šedá (*Picus*

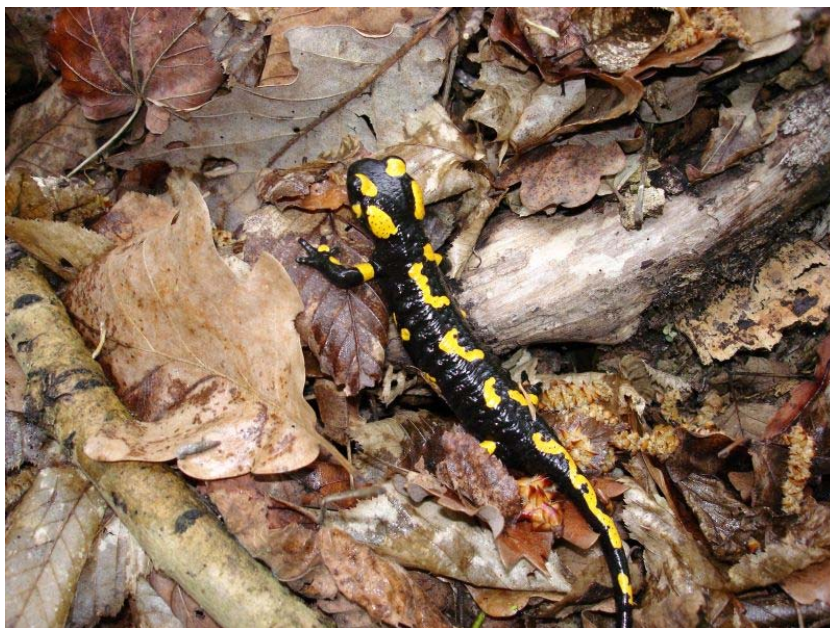
*canus*), z dravců – včelojed lesní (*Pernis apivorus*), jestřáb lesní (*Accipiter gentilis*) a krahujec obecný (*Accipiter nisus*). Významný je také jezevec lesní (*Meles meles*) nebo liška obecná (*Vulpes vulpes*) (naučný panel č. 7, NS Brdatka, Štěpánek et al. 1994). Z bezobratlých živočichů jsou zastoupeny především druhy vyhledávající stárnoucí stromy a odumírající dřevo – roháč obecný (*Lucanus cervus*), roháček (*Sinodendron* sp.), tesařík obrovský (*Cerambyx cerdo*) a další druhy tesaříků. K druhům ukazujícím na pralesní charakter porostů patří také kovařík (*Limoniscus violaceus*) vázaný na dutiny stromů nebo chráněný druh páchník hnědý (*Osmoderma eremita*). Pestré spektrum bylin a dřevin poskytuje potravu mnoha fytofágním druhům, především z čeledí mandelinkovitých a nosatcovitých (web 1).

U řek a ve spodní části rezervace se můžeme setkat například s užovkou plamatou (*Natrix tessellata*) a kachnou divokou (*Anas platyrhynchos*). Tok řeky Berounky zde patří k parmovému rybímu pásmu s typickým společenstvem ryb – kapr, lín, cejn, jelec tloušť, okoun, parma, štika nebo úhoř. Zejména v menších vodních tocích můžeme nalézt pstruha obecného (*Salmo trutta*), vranku obecnou (*Cottus gobio*) a střevli potoční (*Phoxinus phoxinus*). Významným prvkem je také rak kamenáč (*Astacus torrentium*) a kriticky ohrožený rak říční (*Astacus astacus*) (Hůla et Štěpánek 1996). V potoce nalézají domov larvy jepic, pošvatek, vážek nebo chrostíků a na jaře také larvy mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*) (obrázek 5) (naučný panel č. 15, NS Brdatka). Z dalších obojživelníků se zde nachází například čolek obecný (*Triturus vulgaris*), skokan hnědý (*Rana temporaria*), kuňka žlutobřichá (*Bombina variegata*), ropucha obecná (*Bufo bufo*). Podél vodních toků žije skorec vodní (*Cinclus cinclus*), konipas horský (*Motacilla cinerea*) a nepřehlédnutelný zástupce řádu srostloprstých ledňáček říční (*Alcedo atthis*) (Hůla et Štěpánek 1996).

Významné jsou také četné druhy měkkýšů, které se soustřeďují v ostrých údolních zářezech – vřetenovka hladká (*Cochlodina laminata*), v suťových smíšených porostech – skelnatka stlačená (*Oxychillus depressus*) a na vrcholových sutích – zuboústka sametová (*Causa holosericea*). Dále jsou významné druhy xerothermních stanovišť – zrnovka třízubá a žebernatá (*Pupilla triplicata*, *P. sterri*). Měkkýši nám také umožňují sledovat vývoj oblasti v posledním geologickém období, zvláště v oblastech usazování holocenních pěnoveců, kde se schránky měkkýšů dobře zachovaly v jednotlivých vrstvách a můžeme podle jednotlivých druhů rekonstruovat stav přírody právě v době vzniku této vrstvy (Hůla et Štěpánek 1996).

Vzhledem k historickému vývoji je Křivoklátsko tradičně oblastí lovné zvěře – především vysoké. V současné době jsou v území vysoké stavy jelení a černé zvěře, kvalitní, ale méně početná, je zvěř srnčí. Vysazen byl muflon, daněk a jelen sika. Zvláště vysoké

početní stavy muflona však působí citelné škody na nejcennějších teplomilných a suchomilných rostlinných společenstvech (web 1).



**Obrázek 5:** Mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*) v údolí potoka Štíhlíce.

### **3. 9. Zásadní vlivy lidské činnosti**

I přes zachovalá přírodní společenstva je studované území také dokladem lidských činností v minulých stoletích. Velkou úlohu ve vývoji území sehrála obliba českých panovníků využívat zdejší hluboké lesy k lovecké kratochvíli. Proto bylo Křivoklátsko ušetřeno od intenzivní kolonizace a jeho další vývoj byl úzce spjat s přírodními fenomény, charakteristickými pro tuto oblast.

Významné zásahy do území se týkaly zejména lesního hospodářství, měnila se druhová skladba lesa a porostní složení, byly vysazeny nepůvodní druhy zvěře. V letech 1892 až 1896 byly zbudovány v dnešní přírodní rezervaci Brdatka vrstevnicové cesty a v jižní části vysazeny ozdobné keře. V roce 1981 postihla území sněhová kalamita, při které padlo asi 400 m<sup>3</sup> habru, dubu a buku. Vzniklé holiny byly ponechány přirozené sukcesi. V 70. a 80. letech došlo k hromadnému odumírání vtroušeného jilm následkem nákazy hub rodu *Ophiostoma*. Na počátku 90. let dochází k odumírání jednotlivých dubů a jasanů v porostech rovněž následkem infekce houbami rodu *Ophiostoma*.

V pobřežní části je umístěno 13 rekreačních chat a v jejich okolí dochází ke zředlování porostů a často i k ukládání domácích odpadů. Nemalým zatížením je i vrstevnicová cesta pod hřbetnicí, na které byla zbudována turistická a naučná stezka Brdatka (Čepický 2004).

## 4. Metodika

### 4. 1. Výzkumný vzorek

Pro zjištění efektivity výuky v terénu v porovnání s klasickou výukou ve škole byl proveden experiment, jehož se zúčastnily tři spolupracující školy. Jedná se o vyšší gymnázia na Kladně, ve Slaném a v Praze (viz tabulka 1). Tyto školy nebyly vybrány žádným specifickým způsobem. Při výběru byl brán zřetel zejména na možnost škol snadno se dopravit na místo exkurze, ochotu škol pro spolupráci na experimentu a také na možnost porovnání výsledků žáků žijících ve městě a na venkově, jelikož lze předpokládat, že žáci žijící na venkově se mohou častěji pohybovat v přírodních ekosystémech.

Na každé škole se experimentu účastnily dvě třídy téhož ročníku studia, ideálně vyučované biologií stejným vyučujícím. Požadavek na vyučujícího však nebylo možné ve všech školách zajistit (zajištěno pouze v pražském gymnáziu), a proto byl kladen důraz na shodné stáří žáků a zejména tak na přibližně stejnou úroveň dosažených znalostí (požadavkem bylo, aby žáci měli již probranou botaniku a zoologii). Ve všech školách se jednalo o žáky druhého nebo třetího ročníku čtyřletého studia, respektive čtvrtého a pátého ročníku šestiletého studia (pražské gymnázium). V každé škole byla zcela náhodně (například losem) vybrána vždy jedna třída jako experimentální a jedna třída jako kontrolní, přičemž v obou třídách byla vykládána stejná látka (ekosystémy – viz dále), ale jiným způsobem. Experimentu se celkem účastnilo 102 žáků, přičemž 40 žáků bylo ve třídách experimentálních (účastnili se exkurze) a 62 žáků bylo ve třídách kontrolních (vyučování ve škole). Počet žáků účastnících je experimentu v jednotlivých školách a třídách zachycuje tabulka 1. Počty žáků v jednotlivých třídách (zejména experimentálních) jsou nižší, než odpovídá celkovému počtu žáků v těchto třídách, což je dané tím, že někteří žáci chyběli při psaní testů a zejména se někteří žáci nedostavili na exkurzi. Značně nízký počet žáků účastnících se exkurze je patrný u pražského gymnázia, kde navíc polovina třídy byla v době experimentu na výměnném pobytu.

**Tabulka 1:** Počet žáků v jednotlivých školách a třídách účastnících se experimentu.

	Třída	
	experimentální	kontrolní
Gymnázium Kladno	18	25
Gymnázium V. B. Třebízského Slaný	16	16
Gymnázium Jana Nerudy, Hellichova, Praha	6	21

## 4. 2. Výuka

Vyučovaná látka byla zaměřena na ekosystémy, se kterými se žáci mohou setkat ve středočeské krajině. Konkrétně byla uskutečněna exkurze po naučné stezce Brdatka na Křivoklátsku, kde měli žáci možnost setkat se s těmito ekosystémy: skála, niva Berounky, údolí potoka a potoční luh, lesní prameniště, lesní louka, různé typy lesa (suťový les, kyselá a zakrslá doubrava). Jednotlivé ekosystémy byly zařazeny do třech skupin: Les a typy lesa, Ekosystémy ovlivněné vodou, Bezlesé ekosystémy; které představovaly jednotlivá témata vyučovaná v kontrolních třídách. Cílem bylo, aby žáci vyslechli tutéž látku buď na exkurzi (experimentální třídy), nebo ve škole (kontrolní třídy). Počet hodin věnovaných výuce v terénu i ve škole byl přibližně stejný – 4 vyučovací hodiny.

### 4. 2. 1. Experimentální skupina

Experimentální třídy byly vyučovány nové látce pouze na exkurzi, které však předcházela a následovala vždy jedna vyučovací hodina ve škole. První vyučovací hodina byla motivační a sloužila zejména k informování žáků o exkurzi, zároveň však byla částečně využita také k napsání 1. didaktického testu (tzv. *pretest* – viz dále). Poslední vyučovací hodina byla věnována prezentacím žáků a závěrečnému shrnutí exkurze. Jednotlivé přípravy na vyučování viz příloha 1.

#### Příprava žáků na exkurzi a úvodní motivace

Žákům bylo pouze oznámeno, že pojedou na exkurzi, nebylo však řečeno kam se pojede, ani na které téma bude exkurze zaměřena. Úkolem žáků bylo tedy uhodnout téma a místo exkurze a to prostřednictvím postupného odkrývání obrázků charakteristických pro navštívené území a pro jednotlivé typy stanovišť/ekosystémů. Následně pak žáci dle obrázků jmenovali různé typy ekosystémů, které na exkurzi navštíví, se kterými druhy rostlin a živočichů by se mohli na těchto stanovištích setkat a podobně. Poté byla žákům dle mapky vysvětlena celá trasa exkurze a lokalizace jednotlivých zastavení sloužících k plnění průběžných úkolů. Dále byli žáci seznámeni s důležitými organizačními záležitostmi (místo a termín odjezdu a očekávaného příjezdu, délka trasy, vybavení na exkurzi a pomůcky, které si mají žáci vzít s sebou) a rovnoměrně rozděleni do tří skupin, které byly vždy zaměřeny na určitý typ ekosystémů (viz tabulka 2). Každý žák obdržel svůj vlastní pracovní list, který byl podkladem pro společnou práci žáků ve skupinách. Na závěr byly žákům vysvětleny některé úkoly zaměřené na terénní metody (například význam a tvorba fytocenologického snímku,

měření výšky stromů – viz pracovní listy v příloze 2), které byly společné pro všechny skupiny.

**Tabulka 2:** Název pracovních skupin a jejich zaměření na konkrétní ekosystémy.

Název skupiny	Ekosystémy
Stanoviště ovlivněná vodou	řeka a niva řeky, potoční olšina, lesní prameniště
Teplá a suchá stanoviště	skály, skalní stepi, zakrslé doubravy
Stanoviště ovlivněná člověkem	lesní louka, les s nepůvodní druhovou skladbou, obhospodařování lesa

### Vlastní exkurze

Jednalo se o jednodenní komplexní přírodovědnou exkurzi na naučnou stezku Brdatka v CHKO Křivoklátsko, kde jednotlivá stanoviště charakterizují vždy určitý typ ekosystému. Na každém stanovišti byli žáci seznámeni s fungováním konkrétního ekosystému, jeho významem v krajině jako celku, typickou flórou a faunou a různými zvláštnostmi. Současně žáci ve skupinách vypracovávali různé úkoly a prováděli terénní měření dle pracovního listu. Nová látka byla proto vyučována metodou rozhovoru, se zaměřením na to, aby jednotlivé pojmy a souvislosti žáci přímo odvodili ze svých pozorování a vědomostí. Přesný obsah vyučované látky zachycuje příprava na exkurzi (příloha 1).

Očekávané výstupy exkurze:

- 1) Žáci se prakticky seznámí na trase exkurze s co největším množstvím různých ekosystémů.
- 2) Žáci objasní hlavní principy fungování těchto ekosystémů a zhodnotí jejich význam.
- 3) Žáci se naučí pracovat s určovací literaturou (klíče, atlasy) a s jejich pomocí identifikují základní druhy rostlin a živočichů a přiřadí je ke správnému typu stanoviště.
- 4) Žáci si prakticky vyzkouší a osvojí některé metody terénního sběru dat.
- 5) Žáci samostatně prezentují ostatním spolužákům výsledky svých pozorování.

Optimální období: květen – červen, možné je i září, respektive říjen (nutnost přizpůsobení úkolů žáků danému období); výhodou je dobrá viditelnost – z trasy exkurze jsou pěkné výhledy

Přírodopisné zaměření: komplexní – botanika, zoologie, ekologie, geologie, historické zajímavosti území



Trasa a délka exkurze: Navrhovaná exkurze začíná ve Zbečně (autobusová zastávka na náměstí nebo vlakové nádraží). Odtud se jde po zelené turistické značce proti proudu Berounky až na začátek naučné stezky Brdatka (tj. asi 1,75 km). První část stezky vede též po zelené značce údolím potoka Štíhlíce, kde se v místě zvaném Písky napojí na červenou turistickou značku, po níž se po vrstevnicové cestě vedoucí přírodní rezervací Brdatka dostaneme do Amalína – konec naučné stezky. Odtud je to asi 0,75 km k autobusové zastávce/vlakovému nádraží v Křivoklátě. Délka naučné stezky je asi 3,5 km. Celkem trasa exkurze měří asi 6 km.

Doba na exkurzi: 4–6 hodin (zahrnuje čas potřebný na přechody mezi stanovišti a také přestávku pro žáky)

Doprava: vlakem nebo autobusem do Zbečna a zpět z Křivoklátu

Pomůcky a vybavení: pracovní listy (3 verze), mapa, klíč/atlas k určování rostlin, dřevin, živočichů, hornin,...(případně i další), lupa, dalekohled, skleněné lékovky se zátkami, igelitové sáčky, psací potřeby (případně i pastelky), provaz na vymezení fytocenologických snímků, smýkačka na hmyz, kompas, sklonoměr a výškoměr k měření výšky stromů

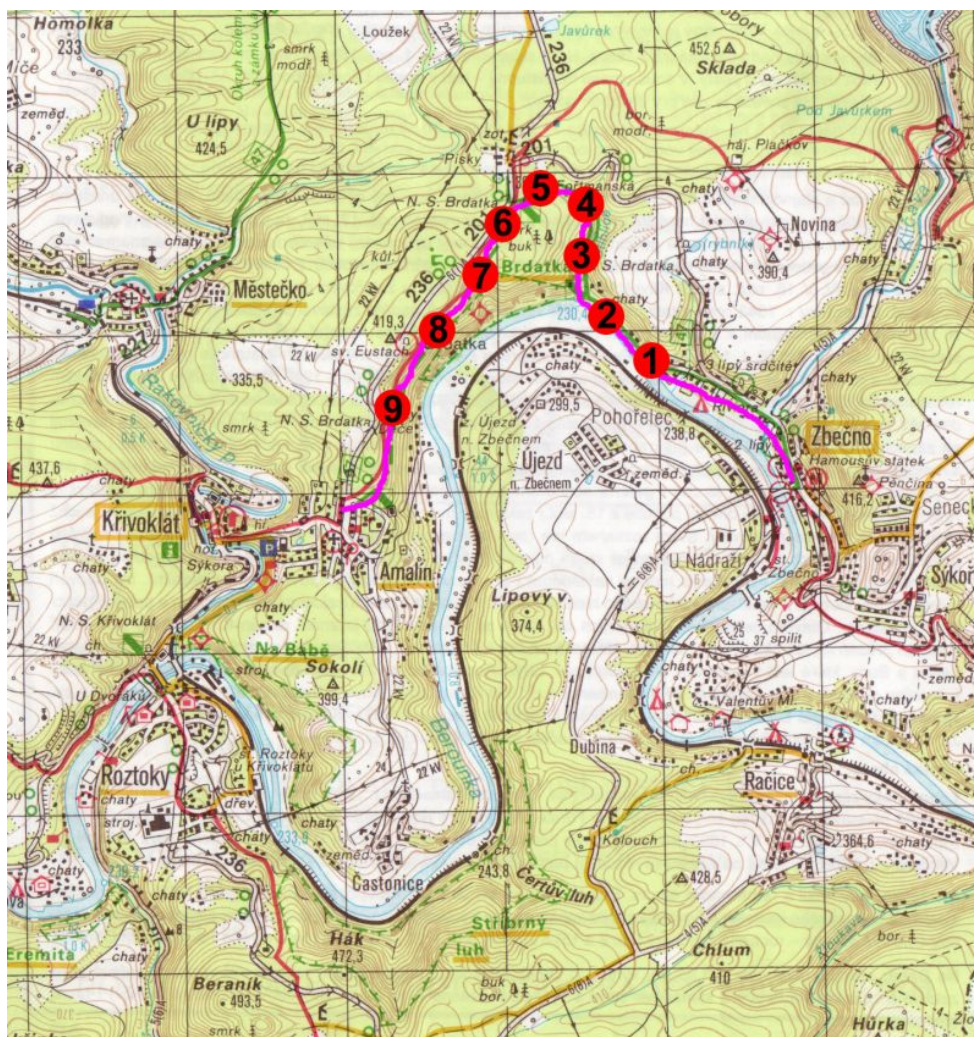
#### Práce žáků na jednotlivých stanovištích a rozbor pracovních listů

Pracovní listy (příloha 2 a ukázka vypracování žáky – příloha 3) byly navrženy tak, aby byli všichni žáci nuceni se nad každým stanovištěm zamyslet a splnit zde určitý úkol, bez ohledu na to, zda jejich skupina (viz tabulka 2) byla zaměřena na tento typ stanovišť či nikoliv. Pracovní listy se tak skládaly z několika společných úkolů (byly pro všechny skupiny stejné) a většího počtu úkolů odlišných, specifických pro konkrétní skupinu. Tyto odlišné úkoly se jednak týkaly vlastního terénního pozorování či měření (například odchyt a rozbor vzorků hmyzu na louce či drobných bezobratlých živočichů v potoce, měření výšky stromů, zápis fytocenologických snímků), což bylo podkladem pro další samostatné zpracování výsledků žáky ve formě referátu, ale také představovaly více obecné úkoly, zaměřené na jiné typy ekosystémů, než které byly hlavním těžištěm pro danou skupinu.

Rozložení jednotlivých stanovišť na trase exkurze zachycuje obrázek 6. Na příkladu ekosystému **skály** si měli žáci uvědomit extrémnost stanovištních podmínek (zejména nedostatek vláhy a živin) a s tím související nutnost přizpůsobení se zde žijících rostlin i živočichů. Na základě vlastního pozorování se žáci seznámili také s konkrétními příklady organismů a jejich nároky (například s tím, že některé rostliny jsou schopny růst přímo na povrchu skály, zatímco jiné využívají nahromaděného substrátu na skalní terasce a ještě jiné



na skále vůbec nerostou). Žáci si dále ujasnili podobnost a rozdílnost skal s dalšími bezlesými ekosystémy a příčinami neexistence lesa na těchto typech stanovišť.



**Obrázek 6:** Trasa exkurze a jednotlivá stanoviště (1: 50 000, Klub českých turistů 1999). 1 – skála, 2 – niva Berounky a význam povodní, 3 – potoční luh (zkoumání vodních bezobratlých živočichů, fytoocenologický snímek), 4 – lesní prameniště, zvrát vegetačních pásem a teplotní inverze, 5 – lesní louka (obhospodařování luk, tvorba fytoocenologického snímku, odchyt hmyzu pomocí smýkačky), 6 – obhospodařovaný les, nepůvodní dřeviny a monokultura, 7 – kyselá doubrava (měření výšky stromů), 8 – zakrslá doubrava (měření výšky stromů, fytoocenologický snímek), 9 – panorama krajiny, ukázka trasy exkurze, vývoj meandrování řeky.

V **nivě Berounky** si měli žáci zejména uvědomit význam a fungování nivy jako svébytného ekosystému, včetně přirozeného povodňového režimu, a její současné ohrožení. Důraz byl opět kladen na porozumění vztahu mezi rostlinami, živočichy a prostředím (zejména množství živin a vláh), přizpůsobení těchto organismů na dynamicky se měnící krajinu, jakož i na poznávání konkrétních příkladů rostlin a živočichů typických pro říční nivu.

Na dalším stanovišti – **potoční luh** byla vysvětlena žákům podstata fungování lesa z hlediska jeho vertikální struktury (tzv. patrovitost), a zejména pak vlivu listnatých stromů na životní formy a fenologii bylin rostoucích v podrostu. Nedílnou součástí potočního luhu je vlastní ekosystém potoka. Zde se žáci věnovali sběru a pozorování vodních bezobratlých živočichů, na základě čehož si měli uvědomit, kde (ve které části potoka) živočichy hledat, jakým způsobem jsou přizpůsobeni životu v proudící vodě, jaká stadia životního cyklu tyto zástupci představují a podobně. Seznámení s rostlinami vlhkého prostředí bylo provedeno zejména formou sepsání fytocenologického snímku se všemi náležitostmi. Tato část úkolů byla věnována zejména žákům patřícím ke skupině Stanoviště ovlivněná vodou, kteří tak byli aktivně zapojeni do jednotlivých terénních metod sběru dat. Díky vystupujícímu geologickému podkladu v údolí potoka bylo možné upozornit žáky na dlouhodobý vývoj povrchu Země a významné geologické pochody, jež ovlivnily utváření studované krajiny. Na půdním profilu by si pak měli žáci uvědomit význam půdotvorných procesů, ale i nemalou roli kořenů rostlin, které zabraňují erozi půdy.

Jelikož potok musí někde vznikat, byla věnována pozornost také **lesnímu prameništi**. Žáci si zde měli zejména uvědomit jeho termostabilizační roli pro celý ekosystém, jakož i jeho další význam z hlediska zásob vody pro krajinu.

Na příkladu ekosystému **lesní louky** měli žáci možnost porovnat vznik, význam a udržení umělého, člověkem vytvořeného ekosystému například s již pozorovaným ekosystémem skály, který představuje přirozené bezlesí, ale také s ekosystémem lesa, představujícím v našich podmínkách zonální klimax. Žáci si na základě tohoto srovnání měli uvědomit podstatu přirozené sukcese. Smyslem jednotlivých úloh dále bylo uvědomit si obrovskou roli trav na louce a jejich odlišnosti oproti ostatním nápadně kvetoucím bylinám, ale i oproti stromům. Žáci by si měli být dále vědomi významného propojení a vztahů mezi rostlinami a živočichy na louce (opylovači, herbivoři a podobně), jakož i vlivu různých lidských zásahů do tohoto ekosystému (nadměrné hojení nebo nechání ladem). Vliv posledních zmíněných faktorů si žáci ověřili vlastním pozorováním a sběrem dat. Žáci měli jednak možnost na vlastní oči pozorovat vliv hnojení na části louky v porovnání s částí nehnojenou, jednak analyzovat vzorek hmyzu odchycený na rostlinách z hlediska jejich funkcí v lučním ekosystému a také porovnat druhové složení rostlin rostoucích na louce (dle zápisu fytocenologického snímku) s dalšími stanovišti.

Ačkoliv ekosystém **lesa** je chápán často jako velice přirozený, jen malá část lesů na našem území je „zcela“ bez vlivu člověka. Na trase exkurze se naskýtá jedinečná možnost setkat se jak s lesy nepřirozenými, tvořenými nepůvodními druhy stromů, nebo s lesními

monokulturami, tak také s lesy velice starými, jen těžko přístupnými, a proto také málo ovlivněnými člověkem (součástí přírodní rezervace). Žáci si na základě srovnání těchto typů lesa měli uvědomit význam přirozené obnovy lesa, různé klady a zápory vysazování monokultur (často zejména smrku, patřícího svým výskytem do podhorských až horských podmínek), i vliv nepůvodních dřevin na podrost bylin a širší okolí.

Na základě změření výšky stromů v normálně vzrostlém lese a v zakrslém lese a po propojení s vlastním pozorováním podmínek na jednotlivých stanovištích si měli žáci uvědomit význam zejména vláh a množství substrátu a živin na vzrůst stromů i zápoj lesa. Sepsání fytocenologického snímku v zakrslé doubravě ukázalo žákům, které druhy rostlin jsou na tento typ stanovišť přizpůsobené. Žáci si tak měli uvědomit zejména významné zastoupení dubu zimního ve stromovém patře, a jelikož jsou mnohé stromy značného stáří, také vazbu různých druhů brouků žijících ve starém dřevě a také datlovitých ptáků jimi se živících. Žáci si tedy měli uvědomit potravní vztahy v lese a jejich význam.

Poslední úkoly byly věnovány celkovému rázu krajiny (říční údolí a přilehlé stráně, říční terasy). Žáci si tak měli uvědomit dlouhodobé utváření reliéfu, vliv a význam čtvrtohorního zalednění na naše území a krátké, ale přesto významné období vlivu člověka.

#### Shrnutí exkurze a závěrečná prezentace žáků

Vyučovací hodina, která následovala po exkurzi, byla věnována prezentaci tří skupin žáků dle jejich zaměření na konkrétní ekosystémy v terénu. Žáci tak měli zejména seznámit ostatní spolužáky s výsledky jejich terénního měření a pozorování, jakož i s obecnou charakteristikou a funkcí jimi zkoumaných ekosystémů, ale také s jejich zvláštnostmi a specifiky, s významnými a typickými zástupci rostlin a živočichů a jejich přizpůsobením na dané podmínky stanoviště. Po žácích nebylo požadováno vytvoření prezentace, například pomocí powerpointu, a nebylo jim řečeno, zda mají prezentovat pouze vybraní zástupci či celá skupina. Záleželo tedy do značné míry na rozhodnutí žáků. Důraz byl kladen zejména na jejich schopnost sdělit ostatním spolužákům podstatné informace a to s časovou úsporou (prezentace maximálně na 5–10 minut), aby mohla proběhnout vždy krátká diskuse o daných ekosystémech. Kontrola vypracování pracovních listů byla provedena formou skupinové práce, kdy každá skupina (dle rozdělení výše) obdržela autorské řešení a měla za úkol poznamenat si a následně uvést alespoň tři důležitá tvrzení, která se týkají jednotlivých ekosystémů a která ještě nebyla v hodině řečena. Závěr hodiny byl věnován krátkému závěrečnému zopakování vyučované látky metodou rozhovoru a diskuse. Celá vyučovací hodina byla tedy zaměřena na aktivitu žáků a jejich aktivní zapojení do vyučování.

#### 4. 2. 2. Kontrolní skupina

Výuce v kontrolních třídách byly věnovány 4 vyučovací hodiny, jejichž rozvržení odpovídalo běžnému rozvrhu vyučovaných tříd. Látka v každé kontrolní třídě byla tedy vždy odučena během 1–2 týdnů. Cílem výuky opět bylo seznámit žáky s jednotlivými ekosystémy (viz výše) nacházejícími se na trase naučné stezky Brdatka, avšak „klasickým“ způsobem. Hlavními vyučovacími metodami byla kombinace výkladu a řízeného rozhovoru s žáky, což mělo přimět žáky k přemýšlení. Výuka byla doplněna promítáním obrázků z jednotlivých ekosystémů nacházejících se přímo na trase exkurze a vždy několika body v podobě powerpointové prezentace a průběžného zápisu některých pojmů a nákrešů na tabuli. Odlišností od experimentální třídy bylo zejména to, že se žáci fakticky nezúčastnili exkurze, neměli možnost plnit jednotlivé úkoly a vypracovávat pracovní listy (nebyly jim poskytnuty), ani se příliš aktivně neúčastnili výuky (například zde nebyla žádná samostatná prezentace žáků, skupinová práce), žáci byly pouze zapojováni do rozhovoru při vlastní výuce.

Jednotlivé vyučované ekosystémy byly seskupeny do čtyř tematických okruhů dle jejich podobnosti – Les a Typy lesa, Ekosystémy ovlivněné vodou, Bezlesé ekosystémy – aby mohly být vyučovány v jednotlivých vyučovacích hodinách. Všechny přípravy na vyučování zachycuje příloha 1.

První vyučovací hodina byla podobně jako ve třídě experimentální částečně využita k napsání 1. didaktického testu (tzv. *pretest* – viz dále). Další část hodiny sloužila k motivování žáků na téma ekosystémy a seznámení s konkrétní krajinou Křivoklátska jako modelového území, na němž byla veškerá látka vysvětlována. Žáci dle obrázků jmenovali různé typy ekosystémů i příklady rostlin a živočichů zde žijících a také jejich odlišnosti. Zbývá část hodiny byla zaměřena na výklad nové látky – **ekosystém lesa**. Smyslem této vyučovací hodiny bylo, aby si žáci uvědomili, a na základě obrázků také odvodili, odlišnosti lesa od jiných ekosystémů a jeho specifika, která do značné míry souvisí s výskytem stromů jako hlavních dominant lesních porostů. Žáci si měli dále uvědomit složitou vertikální strukturu a patrovitost lesních porostů a s tím související nutnost přizpůsobení různých, zejména rostlinných, druhů rostoucích v podrostu lesa na odlišné podmínky pro růst a rozmnožování a dále také fungování lesního ekosystému jako celku včetně potravních vztahů mezi organismy.

Další vyučovací hodina byla zaměřena na seznámení žáků s různými **typy lesa**, které se vyskytují na stanovištích s odlišnými podmínkami ať už od nížin do hor, tak také v rámci určité geomorfologicky značně členité krajiny jakou je Křivoklátsko. Žáci se tak postupně

seznámili s lipovými a habrovými javořinami, habrovými doubravami, kyselými a zakrslými doubravami, a s jejich ekologickými podmínkami a vzájemnými odlišnostmi, typickými zástupci rostlin a živočichů a jejich přizpůsobením. Kromě těchto přirozených typů lesa si měli žáci uvědomit také význam a fungování lesů obhospodařovaných a navíc také lesů s umělou druhovou skladbou dřevin nebo živočichů.

Následující dvě vyučovací hodiny již byly věnovány ekosystémům bezlesým. Mezi **ekosystémy ovlivněné vodou** byla zařazena niva řeky na příkladu Berounky, potoční luh zahrnující vlastní potok a jeho okolí a lesní prameniště. Žáci si tak měli zejména uvědomit význam a fungování řeky a jejího okolí jako ekosystému, dlouhodobý vývoj říčního údolí i význam přirozeného povodňového režimu na jeho utváření. Na základě obrázků měli žáci uvést typické zástupce rostlin a živočichů vlhkých stanovišť, jejich přizpůsobení na život v proudící vodě i v jejím okolí, a také si uvědomit význam lesního prameniště pro celý ekosystém.

Poslední hodina byla věnována **bezlesým ekosystémům**, jejichž vznik a udržení je podmíněno buď stanovištními podmínkami nepříznivými pro růst stromů (příliš sucho, nedostatek substrátu a podobně) – skály a skalní stepi, tak činností člověka (sečení) – louky. Žáci si dle obrázků měli uvědomit vliv podmínek prostředí na růst různých forem rostlin a výskyt specifických živočichů, podobnosti ale i odlišnosti bezlesí přirozeného a uměle vytvořeného (louky), dominantní roli trav v lučních ekosystémech a obrovský význam širokého spektra různých živočichů vázaných na louky. Závěr vyučovací hodiny byl věnován celkovému shrnutí a zopakování probraného tématu ekosystémy a to formou kladení otázek žákům.

### 4. 3. Výzkumný nástroj

#### 4. 3. 1. Zjišťování efektivity výuky – didaktické testy

Pro zjištění efektivity výuky dvěma různými způsoby byly v každé třídě (experimentální i kontrolní) postupně zadány tři testy a to tak, že:

1. první test – *pretest* – byl zadán ve vyučovací hodině, která předcházela vlastní exkurzi, nebo v níž bezprostředně po napsání testu probíhala vlastní výuka
2. další test – *1. posttest* – byl zadán ve vyučovací hodině bezprostředně po vlastní výuce/exkurzi (tj. 1–2 týdny po výuce)
3. třetí test – *2. posttest* – s časovým odstupem pět měsíců po vlastní výuce/exkurzi (podobně dle práce Bogner 1998)

Díky pretestu byla zjištěna vstupní úroveň znalostí všech žáků, 1. posttest poskytl srovnání výsledků krátkodobé paměti žáků v závislosti na tom, zda byli vyučováni v terénu či klasicky a 2. posttest pak ukázal vliv výuky v terénu na dlouhodobou paměť žáků. Testy byly pro všechny žáky stejné, zadány jim s přibližně stejným časovým odstupem, aby byly zajištěny stejné podmínky pro vyhodnocení výsledků. Posttest 1 byl žákům předem oznámen jako plánované písemné zkoušení, zatímco pretest ani posttest 2 žákům oznámen nebyl. Znění jednotlivých testů zachycuje příloha 4.

#### 4. 3. 2. Rozbor testů a testových úloh

Všechny testy byly koncipovány tak, aby obsahovaly vždy společnou část pro všechny testy (tj. 14 testových položek shodných ve všech testech) a část, která byla shodná pouze pro oba posttesty, ale nebyla obsažena v pretestu (11 testových položek). Posttest 1 a posttest 2 byly shodné. Část společná jak pro pretest, tak pro oba posttesty byla zaměřena více obecně a měla ukázat, které znalosti a dovednosti měli žáci již před započatím experimentu a jak se tyto jejich znalosti v průběhu experimentu vyvíjely. Předpokladem bylo, že tyto vědomosti se v průběhu času nebudou výrazně zhoršovat oproti počátečnímu stavu a budou vykazovat spíše trvalejší charakter uchování v paměti. Na druhou stranu testové položky, které byly zařazeny pouze do posttestů, měly ukázat na hlubší získání vědomostí během výuky. Předpokladem bylo, že žáci si tyto vědomosti osvojí zejména při výuce (ve škole nebo v terénu) a že tyto vědomosti budou více ovlivněny procesem zapomínání, než vědomosti více obecné, zjišťované již v pretestu. Čas na vypracování pretestu byl 15 minut a na oba posttesty 25 minut.

Všechny testy se skládaly vždy z několika testových položek otevřených, s krátkou odpovědí (4 v pretestu, 6 v posttestech), a většího počtu položek uzavřených (10 v pretestu, 19 v posttestech). V případě uzavřených testových položek se jednalo o položky s výběrem odpovědi ze 4 alternativ, a to buď jedné správné anebo více správných odpovědí, svazky dichotomických úloh se 3 úlohami, úlohy přiřazovací a řadící, úlohy zaměřené na práci s obrázky, z nichž měli žáci odvodit odpověď. Dále byly v testech zařazeny také dvouúrovňové testové položky, které byly složeny z jedné uzavřené úlohy a jedné úlohy otevřené, v níž měli žáci zdůvodnit svoji volbu v první části.

Všechny odpovědi byly hodnoceny 2–4 body dle charakteru položky (viz příloha 4). Položky s tvorbou odpovědi byly hodnoceny zpravidla 4 body, uzavřené testové položky s více správnými odpověďmi 3 body a položky s jednou správnou odpovědí 2 body. Body se

žákům neodečítaly a v případě částečně správné odpovědi bylo přiřazeno nižší bodové hodnocení (dle charakteru odpovědi: u otevřených úloh 3–1 bod, u testových položek s uzavřenou odpovědí vždy o 1 bod méně oproti plnému počtu bodů). Celkový počet bodů v pretestu byl 44 a v obou posttestech 77.

#### 4. 3. 3. Dotazník

Každý test byl také doplněn krátkým dotazníkem, který měl pomoci k vyhodnocování dosažených výsledků. V pretestu byly žáci dotazováni na jejich známky z biologie na vysvědčení, oblíbené předměty, vztah k biologii, vztah k přírodě a předpokládané další studium na vysoké škole, a také na bydliště (město, venkov). Dotazník v posttestu 1 sloužil jako zpětná vazba a reakce žáků na proběhlou výuku nebo exkurzi. Žáci se zde měli zejména zamyslet nad vlastním názorem o tom, zda je konkrétně pro ně efektivnější a přínosnější učit se klasicky ve škole či v terénu. V posttestu 2 byl pak zadán dotazník týkající se teorie učení. Žáci se měli zamyslet nad tím, jakými formami a metodami se jim lépe učí, které pomůcky považují za nejvíce přínosné, v jakém prostředí se rádi učí. Konkrétní znění veškerých dotazníkových položek viz příloha 5.

### 4. 4. Statistické zpracování dat

Všechna data byla zpracována v prostředí statistických programů S-plus 4.6 (MathSoft 1999) a NCSS (Hintze 2004). Grafy byly vytvořeny v programu Statistica 7.0 (StatSoft 2004). Při statistickém zpracování dat je za signifikantní považován výsledek s p-hodnotou nižší než 0,05. V takovém případě zamítáme nulovou (testovanou) hypotézu ve prospěch uvažované alternativy.

#### 4. 4. 1. Experimentální a kontrolní skupina

Aby bylo možné zkoumat, který ze studovaných způsobů výuky – exkurze a klasická výuka ve škole – je efektivnější, bylo nutné zjistit, zda se od sebe vybrané dvě skupiny žáků (experimentální a kontrolní) výrazně neliší ve svých charakteristikách. Mezi důležité charakteristiky, které by mohly ovlivnit výsledky experimentu, patří: rozložení známek z biologie na vysvědčení (průměr za 2 poslední pololetí), podíl žáků se zájmem o biologii, podíl žáků s různou představou o budoucím studiu na vysoké škole, jejich vztah k přírodě, podíl žáků žijících na venkově a ve městě a podíl chlapců a děvčat v obou skupinách. K odhalení případných rozdílů mezi oběma skupinami byla použita frekvenční analýza

v programu S-plus 4.6 (MathSoft 1999), kde jako faktory vystupovaly vždy typ skupiny (tj. experimentální nebo kontrolní) a jedna ze zkoumaných charakteristik. Testovanou nulovou hypotézou byla nezávislost obou faktorů. Aplikovány byly Chí-kvadrát testy nezávislosti v kontingenční tabulce. Pro zajištění vyšších četností v kontingenční tabulce (a tedy dosažení větší přesnosti Chí-kvadrát testů) byly jednotlivé kategorie průměrných známek upraveny tak, že do skupiny jedničkářů byly zařazeni žáci s průměrnou známkou 1–1,5, do kategorie dvojkařů s průměrnou známkou 2–2,5 a mezi trojkaře žáci s průměrnou známkou 3–3,5. Do kategorie žáků se zájmem o biologii byly zařazeni všichni žáci, kteří uvedli, že chtějí studovat přírodovědně zaměřenou vysokou školu a současně chtějí buď maturovat z biologie nebo mají pozitivní vztah k biologii a také k přírodě. Typy vysokých škol, které by chtěli žáci studovat, byly rozděleny na přírodovědně zaměřené, technické a ostatní (tj. sloučeny kategorie humanitně a ekonomicky zaměřené vysoké školy, které dále vystupují samostatně). Jednotlivé zkoumané parametry a jejich kategorie, které vystupují i ve všech následných analýzách (viz dále) zachycuje tabulka 3.

**Tabulka 3:** Studované parametry a jejich kategorie.

<b>parametry</b>	<b>kategorie</b>
exkurze	experimentální–kontrolní skupina
škola	Kladno–Slaný–Praha
známka	1–1,5–2–2,5–3–3,5
zájem o bio.	ano–ne
VŠ	přírodovědná–technická–humanitní–ekonomická
vztah k přírodě	klaný–neutrální–záporný
bydliště	město–venkov
pohlaví	žena–muž

#### 4. 4. 2. Efektivita výuky v terénu

##### 4. 4. 2. 1. Vliv exkurze

Ke zjištění krátkodobého i dlouhodobého efektu výuky v terénu v porovnání s klasickou výukou byl proveden dvouvýběrový t-test, případně jeho neparametrická obdoba při nesplnění podmínky normality dat – Wilcoxonův test – v programu NCSS (Hintze 2004). Jeho podstatou bylo zjistit a) zda se neliší výsledky v pretestu mezi experimentální a kontrolní skupinou a b) naopak zda je rozdíl ve výsledcích posttestu 1 i posttestu 2 mezi těmito dvěma skupinami – konkrétně, zda lepších výsledků v obou posttestech dosahují žáci experimentální skupiny vyučovaní pouze v terénu. Byla tedy zkoumána jak oboustranná, tak také jednostranná alternativa testovaných hypotéz.



Dále mne zajímalo, zda se významně změnilo skóre mezi výsledky jednotlivých testů (pretest – posttest 1 – posttest 2), a to jak v závislosti na způsobu proběhlé výuky, tak celkově pro všechny žáky z obou skupin dohromady. Pomocí párového t-testu byly postupně porovnány výsledky pretestu a posttestu 1A a poté pretestu a posttestu 2A (v tomto případě srovnávány pouze úlohy, které jsou shodné jak pro pretest, tak pro oba posttesty – tzv. posttest 1A a posttest 2A), kde se očekávalo, že dojde ke zlepšení znalostí žáků v důsledku uskutečnění výuky a že tento efekt bude patrný i po 5 měsících od výuky. Dále pak byly porovnány výsledky žáků v posttestu 1 a posttestu 2, a to jak v základnějších, více obecných položkách (posttest 1A – posttest 2A), u nichž se očekávalo, že se znalosti žáků nebudou příliš měnit s časem, tak ve všech položkách (posttest 1 – posttest 2), kde se naopak předpokládalo určité zhoršení znalostí. Z tohoto důvodu byla opět zkoumána jak oboustranná, tak jednostranná alternativa testovaných hypotéz. Bližší popis jednotlivých testů viz Zichová (2007).

#### **4. 4. 2. 2. Vliv exkurze a dalších faktorů**

Pro vyjádření závislosti výsledků testů (posttest 1 a posttest 2) na jednotlivých faktorech – způsob výuky, škola, kterou žáci navštěvují, průměrná známka z biologie za poslední dvě pololetí, zájem žáků o biologii, představa o budoucím studiu na určitém typu vysoké školy, vztah žáků k přírodě, jejich bydliště, pohlaví, a to, zda považují za přínosnější učit se v terénu (pouze pro žáky experimentální skupiny) nebo ve škole (pouze pro kontrolní skupinu) – bylo použito jednoduché třídění analýzy variance (ANOVA) a to tak, že:

1. nejprve byl zkoumán vliv každého jednoho faktoru na výsledky posttestu 1 a posttestu 2 zvlášť (analýzy bez kovariát);
2. a poté vliv jednotlivých faktorů po odečtení vlivu všech ostatních průkazných proměnných z předchozího kroku (analýzy s kovariátami – provedeno jako analýza variance s typem sumy čtverců tří, což poskytne čistý efekt každého faktoru po odečtení vlivu všech ostatních). V případě průkaznosti proměnných typ vysoké školy a zájem o biologii v 1. kroku, vstupuje v tomto kroku do analýz vždy pouze jedna z těchto dvou proměnných (z důvodu jejich výrazné korelace). Jako kovariáty zde navíc vystupují také výsledky pretestu (pro závislost posttestu 1 na různých proměnných) a výsledky posttestu 1 (pro závislost posttestu 2 na různých proměnných), což slouží k odfiltrování korelace jednotlivých testů – tedy toho, co si žáci pamatují z dříve napsaného testu (dle Prokop et al. 2006, 2007).

Analýzy s kovariátami tak sice lépe charakterizují vliv jednoho parametru na výsledky testů, avšak když jsou jednotlivé proměnné spolu příliš korelovány, jejich čistý vliv je neprůkazný. Z tohoto důvodu jsem provedla analýzy jak s kovariátami, tak bez nich. Všechny analýzy byly provedeny v prostředí statistického programu S-plus 4.6 (MathSoft 1999).

Dále mne zajímalo, zda došlo ke zlepšení či zhoršení výsledků jednotlivých testů bezprostředně po exkurzi nebo klasické výuce a s časovým odstupem pěti měsíců v závislosti na průměrné známce z biologie na vysvědčení za dvě poslední pololetí. Z tohoto důvodu byl proveden párový t-test v programu NCSS (Hintze 2004), kde byly postupně srovnávány výsledky jednotlivých testů (pretest – posttest 1A, posttest 1 – posttest 2) u žáků s různou známkou na vysvědčení. Tedy byly provedeny vždy samostatné analýzy pro žáky jednotlivých známkových kategorií (1, 1,5, 2, 2,5, 3+3,5). Kategorie žáků s průměrnou známkou 3,5 byla sloučena s kategorií s průměrnou známkou 3 z důvodu malého počtu žáků s horším prospěchem. Jelikož mne zajímalo zlepšení či zhoršení výsledků žáků, byla zkoumána jednostranná alternativa testovaných hypotéz. Bližší popis analýzy variance i párového t-testu viz Zichová (2007).

#### 4. 4. 3. Jednotlivé testové úlohy

Při posuzování vlastností jednotlivých testových úloh i celých testů je věnována velká pozornost tomu, jak jsou jednotlivé úlohy pro žáky obtížné. Obtížnost jednotlivých úloh v rámci všech zadaných testů (pretest, posttest 1 a posttest 2) byla pro účely této práce vyjádřena jako tzv. *hodnota obtížnosti* (dle Kalhous et al. 2002), která udává procento žáků ve výzkumném vzorku, kteří danou úlohu zodpověděli nesprávně. Za nesprávně zodpovězenou úlohu je považována každá úloha, v níž žáci a) odpověděli zcela nesprávně (tj. získali 0 bodů) nebo b) neodpověděli zcela správně (tj. jejich odpověď byla buď zcela nesprávná nebo byla jen částečně správná, čili žáci nezískali plný počet bodů). Toto dvojí vymezení hodnoty obtížnosti je významné v případě, že žáci mohou i za částečně správnou odpověď získat určité množství bodů. Čím je hodnota obtížnosti vyšší, tím jsou úlohy více náročné. Úlohy, jejichž hodnota obtížnosti je vyšší než 80, jsou považovány za příliš náročné, zatímco úlohy s hodnotou obtížnosti menší než 20 lze považovat za příliš snadné (Kalhous et al. 2002). Jelikož všechny testy obsahují 14 shodných úloh, lze očekávat, že v případě pretestu budou některé úlohy pro žáky příliš náročné, zatímco v případě posttestu 1, případně i posttestu 2, mohou být tytéž úlohy pro žáky již jen středně obtížné, případně až příliš snadné.

Úspěšnost žáků v odpovědích na různé typy úloh se může lišit také v závislosti na způsobu výuky a dalších charakteristikách jako je známka z biologie na vysvědčení, zájem o biologii, bydliště či pohlaví. K odhalení případné závislosti byla použita analýza variance s jednoduchým tříděním v programu S-plus 4.6 (MathSoft 1999), do níž vstupovalo vždy bodové hodnocení žáků v každé jednotlivé úloze jako závislá proměnná a každá jednotlivá charakteristika žáků jako vysvětlující proměnná. Všechny tyto analýzy byly postupně provedeny pro úlohy v posttestu 1 a poté pro úlohy v posttestu 2.

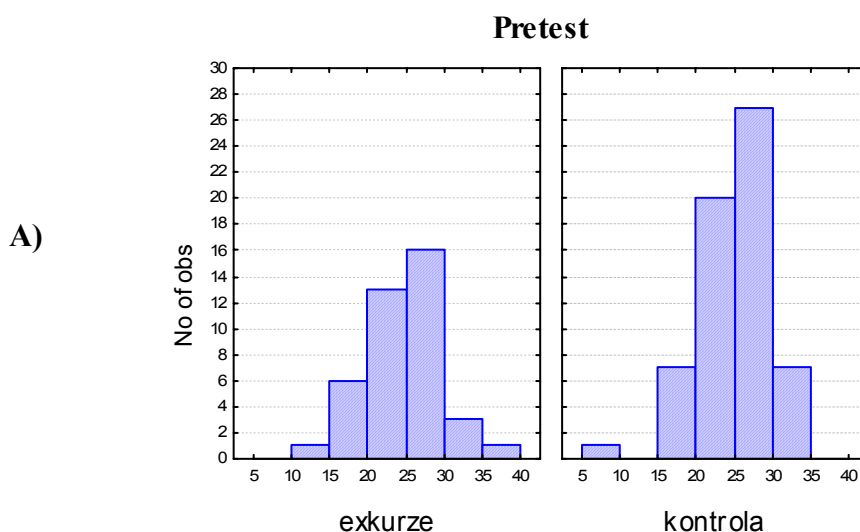
#### 4. 4. 4. Dotazník

Jelikož mne zajímalo, zda existuje nějaká souvislost mezi odpověďmi žáků v dotazníku týkajícího se teorie učení (dotazníkové položky v posttestu 2 – příloha 5) a tím, zda se žáci účastnili exkurze či byli vyučováni klasicky, nebo i tím, jakou mají známku z biologie na vysvědčení, zda je biologie zajímavá či nikoliv, zda bydlí ve městě či na venkově nebo jakého jsou pohlaví, byla provedena frekvenční analýza v programu S-plus 4.6 (MathSoft 1999). Jako faktory zde vystupovaly jednotlivé dotazníkové položky a vždy jedna ze zkoumaných charakteristik. Testovanou nulovou hypotézou byla nezávislost obou faktorů. Jelikož by v některých případech byly příliš nízké četnosti u jednotlivých kombinací možností (odpovědi na dotazníkovou položku  $\times$  určitá charakteristika žáků – tj. například, že žák byl na exkurzi a odpověděl a) nebo nebyl na exkurzi a odpověděl b) a podobně), bylo nutné některé kategorie proměnných sloučit. Průměrná známka na vysvědčení byla sloučena do dvou kategorií, a to tak, že žáci s průměrnou známkou 1–1,5 byly zařazeni do kategorie „jedničkářů“ a ostatní žáci do kategorie „žáků s horšími známkami“. Dále bylo nutné také sloučit některé možnosti odpovědí na dotazníkové položky a to tak, aby bylo zachováno co nejvíce možností a současně byl splněn požadavek minimální četnosti alespoň pět žáků v dané kombinaci. Pokud byla četnost v některé z kombinací příliš nízká, byla tato možnost přiřazena k jiné, nejpodobnější odpovědi nebo byla případně tato kombinace z analýz vyloučena.

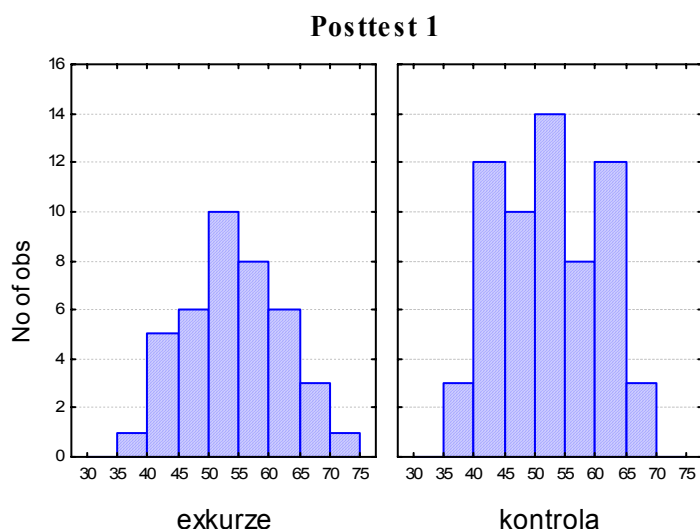
## 5. Výsledky

### 5.1. Skóre jednotlivých testů

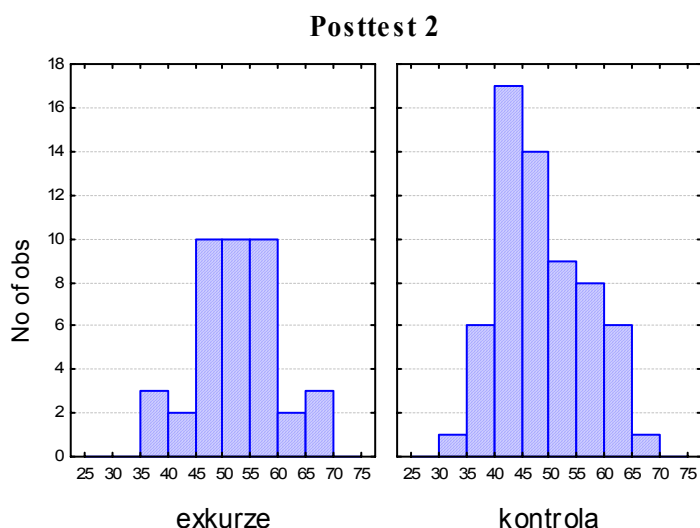
Experimentu se celkem zúčastnilo 102 žáků, přičemž 40 žáků bylo ve třídách experimentálních (účastnili se exkurze) a 62 žáků bylo ve třídách kontrolních (vyučování klasicky ve škole). V pretestu bylo možné získat nejvýše 44 bodů a v obou posttestech nejvýše 77 bodů. Průměrný počet bodů v pretestu byl u žáků experimentální skupiny 25,16, (medián 25,50, minimum 14 a maximum 37), u žáků kontrolní skupiny 25,54 (medián 26, minimum 10 a maximum 34). V případě posttestu 1 bylo průměrné skóre v experimentální skupině 54,56 bodů (medián 53,50, minimum 38, maximum 71) a v kontrolní skupině 52,70 bodů (medián 53,25, minimum 36, maximum 66). V případě posttestu 2 pak průměrné skóre v experimentální skupině dosáhlo 52,78 bodů (medián 51,50, minimum 39, maximum 70) a v kontrolní skupině 49,46 bodů (medián 48, minimum 33, maximum 68). Graf 1 ukazuje rozložení počtu bodů získaných žáky v jednotlivých testech. Z grafu je patrné, že rozdíly mezi výsledky žáků vyučovaných klasicky a na exkurzi nejsou v případě pretestu ani posttestu 1 nikterak významné. V případě posttestu 2 je však již rozdíl patrný. Žáci vyučovaní klasicky dosáhli nejčastěji výsledků v rozmezí 40–50 bodů, zatímco u žáků vyučovaných na exkurzi dosahují výsledky nejčastěji rozmezí 45–60 bodů (konkrétně v rozmezích 45–50, 50–55, 55–60 bodů a to v každém z těchto intervalů stejným počtem žáků). Tomu také odpovídá výrazně vyšší průměr a medián v experimentální skupině oproti skupině kontrolní. Tento rozdíl se může jevit jako částečně skrytý efektem většího počtu žáků účastnících se klasické výuky.



B)



C)



**Graf 1:** Rozložení počtu bodů z A) pretestu, B) posttestu 1 a C) posttestu 2 pro dva způsoby výuky – exkurze (40 žáků) a klasická výuka (62 žáků).

## 5. 2. Experimentální a kontrolní skupina

Aby bylo možné zjišťovat, který ze zkoumaných způsobů výuky – exkurze a klasická výuka ve škole – je efektivnější, bylo nutné zajistit dvě skupiny žáků, které by se od sebe výrazně nelišili ve svých charakteristikách. Jak bylo již uvedeno v metodice (kapitola 4. 1), všichni žáci byli přibližně stejného věku a tedy by měli mít přibližně stejné počáteční vědomosti. Tabulka 4 ukazuje výsledky frekvenčních analýz pro jednotlivé charakteristiky, které by mohly ovlivnit výsledky experimentu – rozložení známek z biologie na vysvědčení (průměr za 2 pololetí), podíl žáků se zájmem o biologii, podíl žáků s různou představou o budoucím studiu na vysoké škole, jejich vztah k přírodě, podíl žáků žijících na venkově a ve

městě a podíl chlapců a děvčat v obou skupinách. Z výsledků je patrné, že není významný rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou ve zkoumaných charakteristikách. Jedinou výjimkou je podíl žáků s různou představou o budoucím studiu na vysoké škole – v kontrolní skupině je více žáků se zájmem o přírodovědně zaměřenou vysokou školu.

**Tabulka 4:** Frekvenční analýzy – rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou ve zkoumaných charakteristikách. Uvedena Chí-kvadrát statistika a p-hodnota. Signifikantní hodnoty zvýrazněny ( $p < 0,05$ ).

	<b>Chi<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
<b>známka</b>	2,283	0,319
<b>zájem o bio.</b>	2,661	0,103
<b>VŠ</b>	6,93	<b>0,031</b>
<b>vztah k přírodě</b>	1,338	0,247
<b>bydliště</b>	0,198	0,656
<b>pohlaví</b>	1,957	0,162

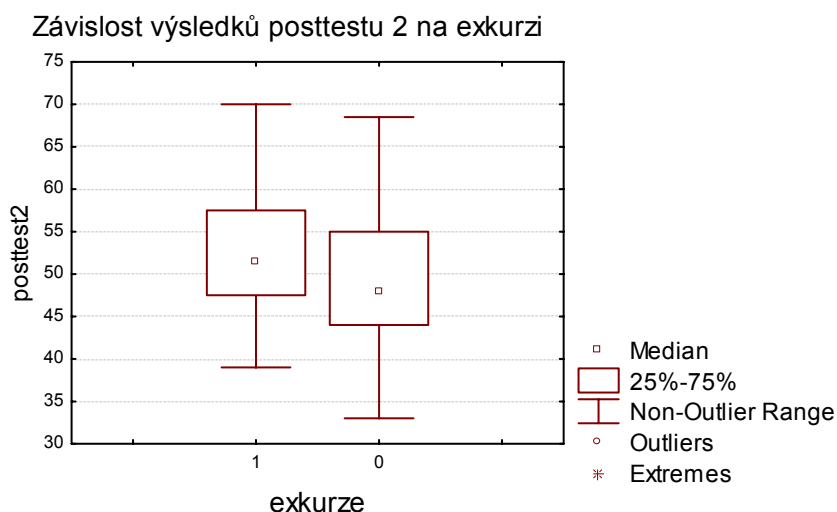
### 5. 3. Efektivita výuky v terénu

#### 5. 3. 1. Vliv exkurze

Ke zjištění krátkodobého i dlouhodobého efektu výuky v terénu v porovnání s klasickou výukou byl proveden dvouvýběrový t-test, případně jeho neparametrická obdoba Wilcoxonův test. Testuje se hypotéza shody středního hodnocení žáků v experimentální a kontrolní skupině. Výsledky tohoto testu zachycuje tabulka 5. Analýza pretestu ukazuje, že není žádný rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou v dosažených výsledcích a že tedy všichni žáci v obou skupinách byli na počátku experimentu na přibližně stejné úrovni, co se týče dosažených vědomostí v oblasti ekosystémů. Významný rozdíl však není patrný ani z výsledků posttestu 1, kde se předpokládalo, že žáci účastníci se exkurze dosáhnou lepších výsledků než žáci vyučovaní klasicky (tuto skutečnost nepotvrdil ani test proti jednostranné alternativě). Ačkoliv krátkodobý efekt výuky v terénu je zhruba srovnatelný s klasickou výukou, exkurze významně ovlivnila dlouhodobou paměť žáků. Žáci experimentální skupiny totiž po pěti měsících po konání exkurze dosáhli dle analýzy posttestu 2 významně lepších výsledků než žáci kontrolní skupiny. To je vidět na signifikantních p-hodnotách proti oboustranné i jednostranné alternativě a také v grafu 2. Z výsledků je tedy patrné, že hypotéza 1 a hypotéza 4 byly potvrzeny, zatímco hypotéza 3 nikoliv (znění jednotlivých hypotéz viz kapitola 2).

**Tabulka 5:** Dvouvýběrový t-test – Rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou ve výsledcích jednotlivých testů. Uveden rozdíl průměrů ve výběrech (experimentální skupina E – kontrolní skupina K, kde  $E-K > 0$  svědčí ve prospěch experimentální skupiny a naopak),  $p_1$  – p-hodnota pro oboustrannou alternativu (výsledky experimentální a kontrolní skupiny se neliší),  $p_2$  – p-hodnota pro jednostrannou alternativu (výsledky experimentální skupiny jsou lepší než výsledky kontrolní skupiny). Signifikantní hodnoty zvýrazněny ( $p < 0,05$ ), - analýza nebyla prováděna.

	Rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou		
	rozdíl průměrů (E–K)	$p_1$	$p_2$
<b>pretest</b>	-0,378	0,497	-
<b>posttest 1</b>	1,861	0,371	0,185
<b>posttest 2</b>	3,315	<b>0,039</b>	<b>0,019</b>



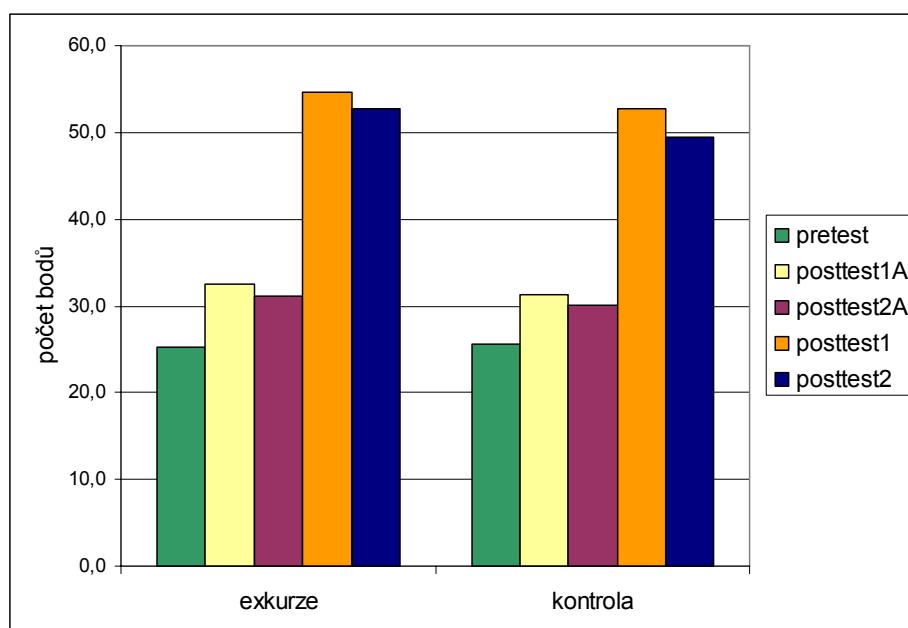
**Graf 2:** Závislost výsledků posttestu 2 na exkurzi (1 – exkurze, 0 – klasická výuka);  $p = 0,039$  (0,019). V grafu je zobrazen medián, horní a dolní kvartil, rozsah neodlehklých hodnot, odlehklé hodnoty a extrém.

Změna skóre mezi výsledky jednotlivých testů v závislosti na způsobu výuky byla analyzována pomocí párového t-testu a je zobrazena v tabulce 6. Srovnání pretestu s oběma posttesty (posttest 1A a posttest 2A = uvažovány pouze úlohy shodné s pretestem) ukazuje, že znalosti žáků o ekosystémech se vlivem výuky zlepšily a toto zlepšení je patrné jak bezprostředně po výuce, tak s časovým odstupem pěti měsíců, a také pro obě skupiny – experimentální a kontrolní. Srovnání výsledků posttestu 1 s posttestem 2 ukazuje určité zhoršení a to jak v základních otázkách (tj. otázky vystupující již v pretestu: posttest 1A – posttest 2A), tak, dle očekávání, celkově ve všech otázkách tohoto posttestu (posttest 1 – posttest 2) a to opět pro obě skupiny žáků. Hypotéza 2 i hypotéza 5 byly tedy potvrzeny (jejich znění viz kapitola 2). Dále bylo testováno, zda to, jak moc se výkon žáků v důsledku výuky zlepšil a jak moc po pěti měsících po výuce se jejich výkon zhoršil, závisí na způsobu výuky. Výsledky těchto testů ukázaly, že míra zlepšení ani míra zhoršení výsledků žáků se však statisticky významně nelišila mezi experimentální a kontrolní skupinou ( $p > 0,05$  ve

všech srovnáních výsledků testů). Z grafického výstupu (graf 3) je však patrný trochu větší rozdíl (avšak ne průkazný) mezi výsledky posttestu 1 a posttestu 2 u kontrolní skupiny, zatímco u experimentální skupiny k tolik výraznému zhoršení výsledků po pěti měsících po exkurzi nedošlo.

**Tabulka 6:** Párový t-test – Změna skóre testů po exkurzi nebo klasické výuce. Uveden rozdíl průměrů ve výběrech (pro jednotlivé srovnávané testy: později napsaný test – dříve napsaný test, pokud je rozdíl kladný = zlepšení, záporný rozdíl = zhoršení),  $p_1$  – p-hodnota pro oboustrannou alternativu (výsledky dvou srovnávaných testů se neliší),  $p_2$  – p-hodnota pro jednostrannou alternativu (výsledky posttestu 1A/2A/1A jsou lepší než výsledky pretestu/posttestu 2/2A). Signifikantní hodnoty zvýrazněny ( $p < 0,05$ ).

	skupina	Změna skóre po exkurzi / výuce		
		rozdíl průměrů	$p_1$	$p_2$
<b>pretest-posttest1A</b>	obě	6,461	<0,001	<0,001
	exkurze	7,425	<0,001	<0,001
	kontrola	5,839	<0,001	<0,001
<b>pretest-posttest2A</b>	obě	5,132	<0,001	<0,001
	exkurze	6,038	<0,001	<0,001
	kontrola	4,548	<0,001	<0,001
<b>posttest1-posttest2</b>	obě	-2,672	<0,001	<0,001
	exkurze	-1,788	0,032	0,016
	kontrola	-3,242	<0,001	<0,001
<b>posttest1A-posttest2A</b>	obě	-1,328	0,001	<0,001
	exkurze	-1,388	0,014	0,007
	kontrola	-1,290	0,015	0,007



**Graf 3:** Srovnání průměrného bodového skóre v jednotlivých testech dle způsobu výuky.



### 5. 3. 2. Vliv exkurze a dalších faktorů

#### A) Posttest 1

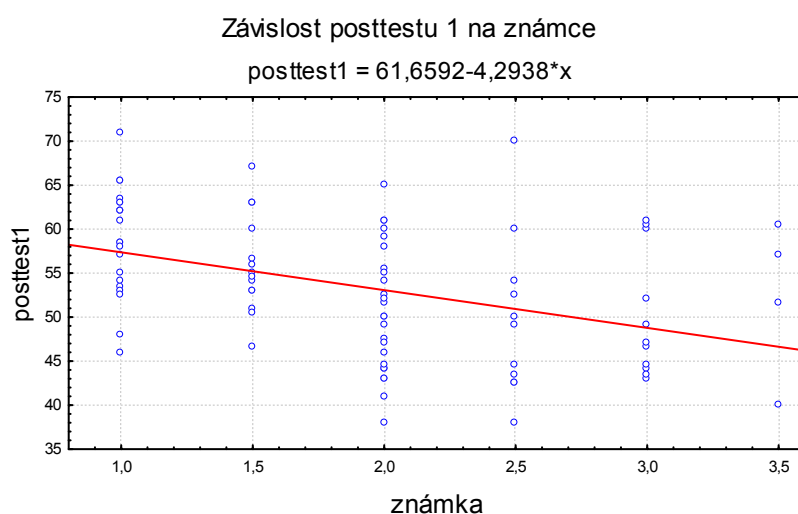
Ačkoliv z krátkodobého hlediska je výuka v terénu přibližně stejně efektivní jako klasická výuka, výsledky posttestu 1 jsou ovlivněny i dalšími faktory. Ke zjištění vlivu jednotlivých faktorů (škola, kterou žáci navštěvují, průměrná známka z biologie za poslední dvě pololetí, zájem žáků o biologii, představa o budoucím studiu na určitém typu vysoké školy, vztah žáků k přírodě, jejich bydliště, pohlaví, a to, zda považují za přínosnější učit se v terénu nebo ve škole) bylo použito jednoduché třídění analýzy variance (ANOVA) a to nejprve každého faktoru zvlášť (bez kovariát) a poté po odečtení vlivu všech průkazných parametrů z předchozího kroku (analýzy s kovariáty – viz kapitola 4. 4. 2. 2. v metodice). Testují se tedy hypotézy o neexistenci vlivu jednotlivých faktorů. Výsledky posttestu 1 jsou významně ovlivněny známkou z biologie, zájmem žáků o biologii a typem vysoké školy, který by chtěli v budoucnu studovat (čistý vliv), což je v souladu s ověřovanými hypotézami 6, 8 (viz kapitola 2). Částečný vliv má také místo bydliště, které však pravděpodobně koreluje s některými dalšími faktory a jeho čistý vliv je tedy neprůkazný (hypotéza 9). Výsledky jednotlivých kroků analýz shrnuje tabulka 7. Vysoké hodnoty F-statistiky svědčí pro zamítnutí testovaných hypotéz.

**Tabulka 7:** ANOVA – Srovnání závislosti výsledků posttestu 1 na jednotlivých zkoumaných faktorech. Zobrazena F a p-hodnota příslušných analýz 1) bez použití kovariát, 2) kovariáty 1 = pretest+známka+zájem o bio.+bydliště, 3) kovariáty 2 = pretest+známka+VŠ+bydliště. Signifikantní hodnoty zvýrazněny ( $p < 0,05$ ), - analýza nebyla prováděna.

posttest 1	1		2		3	
	bez kov.		kov. 1		kov. 2	
	F	p	F	p	F	p
exkurze	1,299	0,257	-	-	-	-
škola	1,245	0,292	-	-	-	-
známka	16,996	<b>&lt;0,001</b>	3,25	0,075	4,207	<b>0,043</b>
zájem o bio.	17,403	<b>&lt;0,001</b>	7,019	<b>0,01</b>	-	-
VŠ	4,852	<b>0,001</b>	-	-	2,68	<b>0,037</b>
vztah k přírodě	2,981	0,055	-	-	-	-
bydliště	4,706	<b>0,032</b>	1,745	0,19	3,724	0,057
pohlaví	0,282	0,597	-	-	-	-
přínos-terén	0,196	0,823	-	-	-	-
přínos-škola	0,707	0,498	-	-	-	-

### Známka

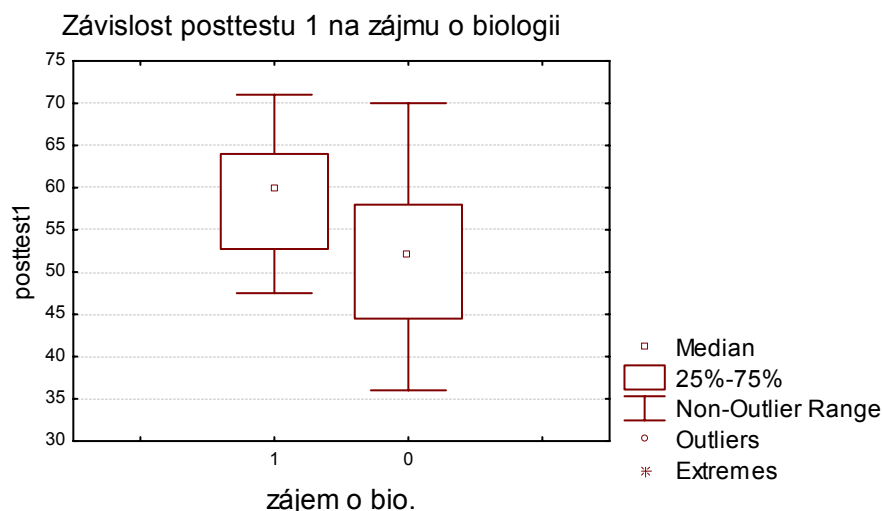
Z grafu 4 je patrné, že nejlepších výsledků v posttestu 1 dosáhli žáci s nejlepšími známkami na vysvědčení a jejich úspěšnost postupně klesala se zhoršující se známkou. To může být dané jednak tím, že posttest 1 byl žákům předem ohlášen jako plánované písemné zkoušení a proto se zejména žáci s lepší známkou na vysvědčení na test pečlivě připravili, ale také tím, že jsou často mezi jedničkáři žáci, které biologie zajímá a chtějí se jí dále věnovat (proto byl také čistý vliv známky právě po odečtení zájmu o biologii neprůkazný, viz tabulka 7). Zajímavé však je, že i žáci, kteří mají na vysvědčení trojky, případně i čtyřky, dosáhli relativně dobrých výsledků, někteří dokonce lepších než většina dvojkařů.



**Graf 4:** Závislost výsledků posttestu 1 na průměrné známce z biologie na vysvědčení za poslední dvě pololetí. Čistý vliv (kov. 2):  $F_{1,82} = 4,207$ ,  $p = 0,043$ .

### Zájem o biologii

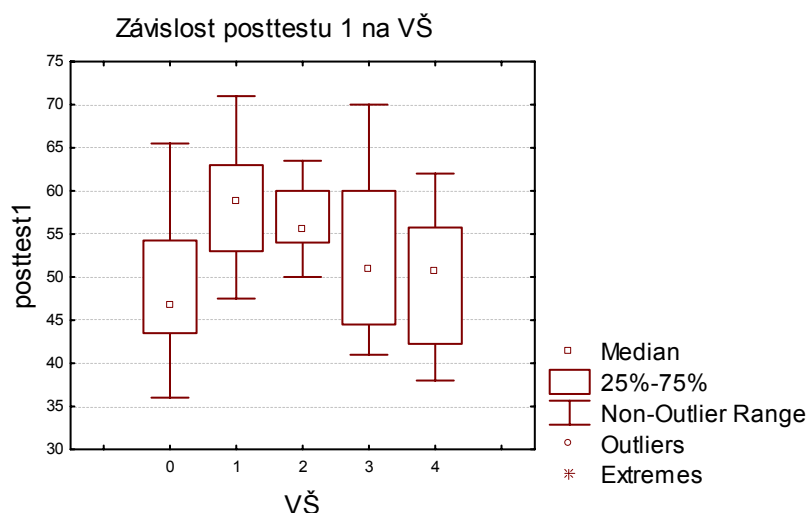
Zájem žáků o biologii je asi nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje výsledky posttestu 1. Graf 5 ukazuje, že žáci se zájmem o biologii dosáhli výrazně lepších výsledků než žáci, které biologie příliš nezajímá a že také nejvyšší bodové skóre za posttest 1 je obsaženo právě v této skupině (z výsledků testů: 71 bodů z plného počtu 77 bodů), ačkoliv i ve druhé skupině je maximální skóre vysoké (70 bodů). Mnohem výraznější rozdíl je v minimálním počtu bodů, kde žáci se zájmem o biologii dosáhli nejméně 47,5 bodů, zatímco žáci bez zájmu o biologii pouze 36 bodů.



**Graf 5:** Závislost výsledků posttestu 1 na zájmu žáků o biologii (1 – zájem o biologii, 0 – nezájem o biologii). Čistý vliv (kov. 1):  $F_{1,85} = 7,019$ ,  $p = 0,01$ .

### Typ vysoké školy

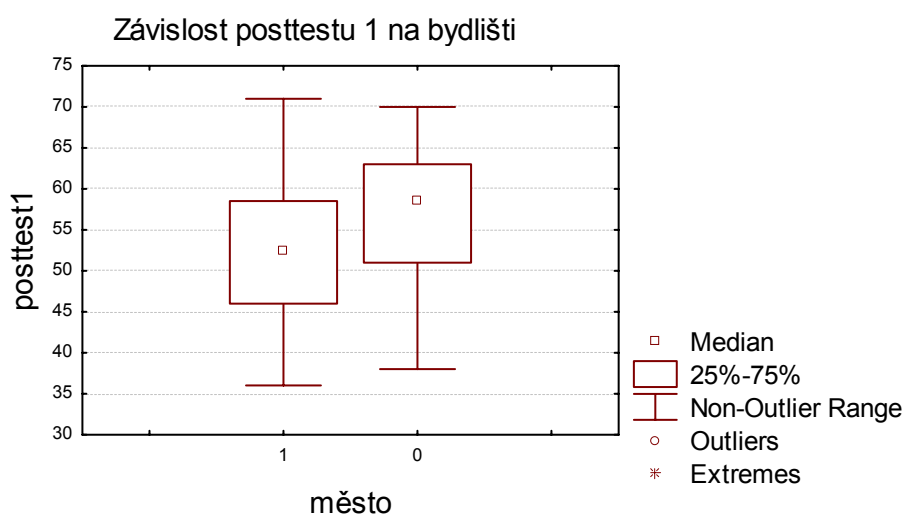
Z grafu 6 dle očekávání vyplývá, že žáci, kteří by chtěli studovat přírodovědně zaměřenou vysokou školu dosáhli v posttestu 1 nejlepších výsledků. Zajímavé je, že také žáci se zájmem o technicky zaměřené vysoké školy mají poměrně vysoké skóre v testu v porovnání s dalšími kategoriemi, tedy se žáky chtějícími studovat humanitně či ekonomicky zaměřené vysoké školy. Nejhorších výsledků pak dosáhli žáci, kteří buď nechtějí studovat na žádné vysoké škole nebo zatím nemají představu o své budoucnosti.



**Graf 6:** Závislost výsledků posttestu 1 na představě žáků o budoucím studiu na určitém typu vysoké školy (0 – nevím, 1 – přírodní vědy, 2 – technika, 3 – humanitní zaměření, 4 – ekonomie). Čistý vliv (kov. 2):  $F_{4,82} = 2,68$ ,  $p = 0,037$ .

## Bydliště

Ačkoliv místo bydliště koreluje s dalšími faktory a jeho čistý vliv po odečtení známky, zájmu o biologii nebo typu vysoké školy je neprůkazný, přesto je jeho samotný vliv na výsledky posttestu 1 významný (graf 7). Žáci, kteří bydlí na venkově, dosáhli v tomto testu lepších výsledků než žáci žijící ve městě (ačkoliv i ve městě je několik žáků s velice dobrými výsledky). To může být dané například tím, že se žáci z venkova mohou častěji vyskytovat v přírodních ekosystémech, což jednak může zvýšit celkové znalosti a představy žáků o těchto ekosystémech, ale zejména také zájem žáků o přírodu a případně i další studium v tomto směru.



**Graf 7:** Závislost výsledků posttestu 1 na místě bydliště (1 – město, 0 – venkov).  $F_{1,100} = 4,706$ ,  $p = 0,032$ .

Další ze studovaných faktorů – škola, vztah k přírodě, pohlaví a přínosnost realizovaného způsobu výuky (exkurze nebo klasická výuka ve škole) – nemají významný vliv na výsledky posttestu 1. Co se týče vztahu žáků k přírodě, mnozí z nich, aniž by se chtěli dále studiu biologie věnovat, uváděli vztah pozitivní, popřípadě neutrální. Také u mnohých žáků, kteří se zúčastnili exkurze a uvedli, že je pro ně přínosnější výuka v terénu, se jejich výsledky příliš nelišily od výsledků žáků, jež se domnívají, že je pro ně přínosnější výuka ve škole (navíc někteří žáci dávají přednost výuce ve škole, následované výukou v terénu). Totéž platí také pro žáky kontrolní skupiny – ačkoliv někteří uvedli, že je pro ně přínosnější učit se ve škole, jejich výsledky se výrazně nelišily od žáků dávajících přednost výuce v terénu. Hypotéza 10 tedy potvrzena nebyla (viz kapitola 2).

## **B) Posttest 2**

Jak bylo ukázáno již výše, výuka v terénu je z dlouhodobého hlediska více efektivní, co se týče uchovaných znalostí o ekosystémech, než klasická výuka ve škole. Tento efekt se podařilo prokázat jak pro samotný vliv exkurze (viz tabulka 5 a 8 – bez kovariát), tak také po odečtení vlivu všech dalších průkazných faktorů (tabulka 8 – kovariáty 1: škola, známka, zájem o biologii; a kovariáty 2: škola, známka, vysoká škola). Výsledky posttestu 2 jsou dále významně ovlivněny i dalšími faktory, u nichž se také podařilo prokázat čistý vliv – škola, kterou žáci navštěvují, zájem o biologii a typ budoucí vysoké školy, kterou by chtěli žáci studovat, což podporuje ověřovanou hypotézu 8 (viz kapitola 2). Částečný vliv na výsledky posttestu 2 má také známka na vysvědčení, avšak tento efekt je pravděpodobně dán spíše korelací známky zejména se zájmem žáků o biologii či s typem vysoké školy, který chtějí studovat, a proto je její čistý vliv neprůkazný. Hypotézu 7 lze tedy považovat za potvrzenou. Vliv dalších faktorů se prokázat nepodařilo a proto také hypotéza 9 ani hypotéza 10 potvrzeny nebyly. Výsledky jednotlivých kroků analýz shrnuje tabulka 8.

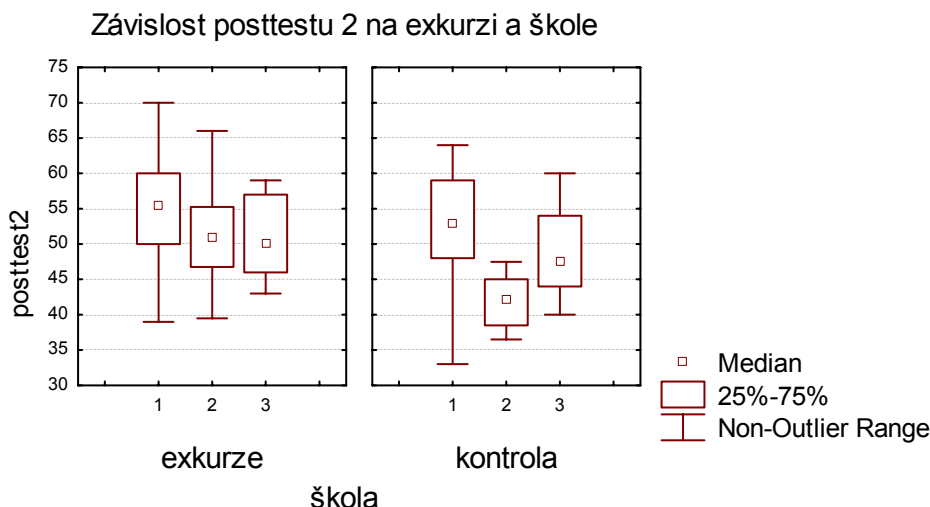
**Tabulka 8:** ANOVA – Srovnání závislosti výsledků posttestu 2 na jednotlivých zkoumaných faktorech. Zobrazena F a p-hodnota příslušných analýz 1) bez použití kovariát, 2) kovariáty 1 = posttest1+exkurze+škola+známka+zájem o bio., 3) kovariáty 2 = posttest1+exkurze+škola +známka+VŠ. Signifikantní hodnoty zvýrazněny ( $p < 0,05$ ), - analýza nebyla prováděna.

posttest 2	1		2		3	
	bez kov.		kov. 1		kov. 2	
	F	p	F	p	F	p
exkurze	4,399	<b>0,039</b>	8,21	<b>0,005</b>	8,655	<b>0,004</b>
škola	6,512	<b>0,002</b>	7,005	<b>0,002</b>	7,471	<b>0,001</b>
známka	14,634	<b>&lt;0,001</b>	3,028	0,086	3,354	0,071
zájem o bio.	19,311	<b>&lt;0,001</b>	6,122	<b>0,015</b>	-	-
VŠ	5,973	<b>&lt;0,001</b>	-	-	2,758	<b>0,033</b>
vztah k přírodě	0,488	0,615	-	-	-	-
bydliště	3,635	0,059	-	-	-	-
pohlaví	0,109	0,742	-	-	-	-
přínos-terén	0,263	0,77	-	-	-	-
přínos-škola	2,117	0,131	-	-	-	-

### Škola

Z grafu 8 je patrné, že množství uchovaných informací po pěti měsících se významně liší jak v závislosti na způsobu výuky, tak také mezi jednotlivými školami. Nejvýraznější rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou a zároveň také nejnižší skóre v posttestu 2 dosáhli žáci z gymnázia ve Slaném, naopak nejlepších výsledků v obou zkoumaných skupinách dosáhli

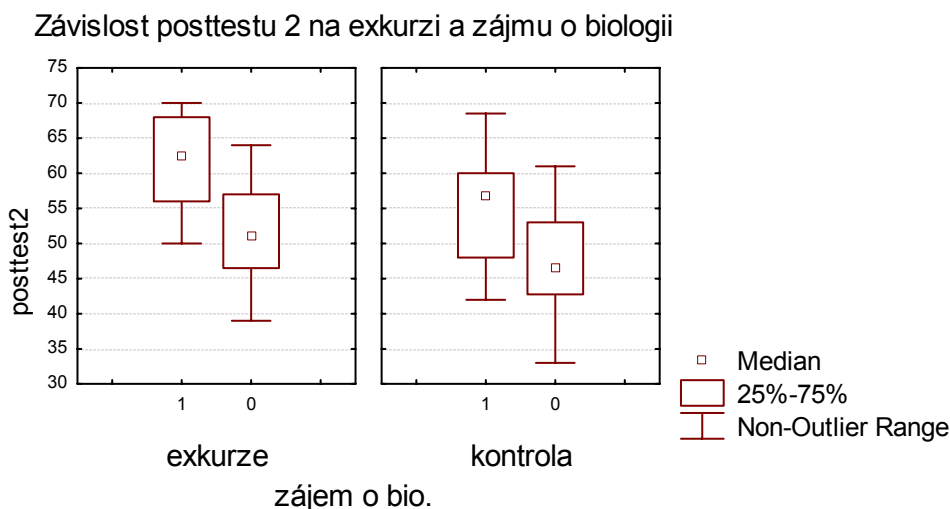
žáci z gymnázia v Kladně. V každém případě jsou však vždy výsledky experimentální skupiny lepší než výsledky kontrolní skupiny v téže škole.



**Graf 8:** Závislost výsledků posttestu 2 na exkurzi a škole, kterou žáci navštěvují (1 – gymnázium Kladno, 2 – gymnázium Slaný, 3 – gymnázium Praha). Čistý vliv:  $F_{1,98} = 5,372$ ,  $p = 0,023$  pro exkurzi (odečten vliv školy) a  $F_{2,98} = 7,021$ ,  $p = 0,001$  pro školu (odečten vliv exkurze).

### Zájem o biologii

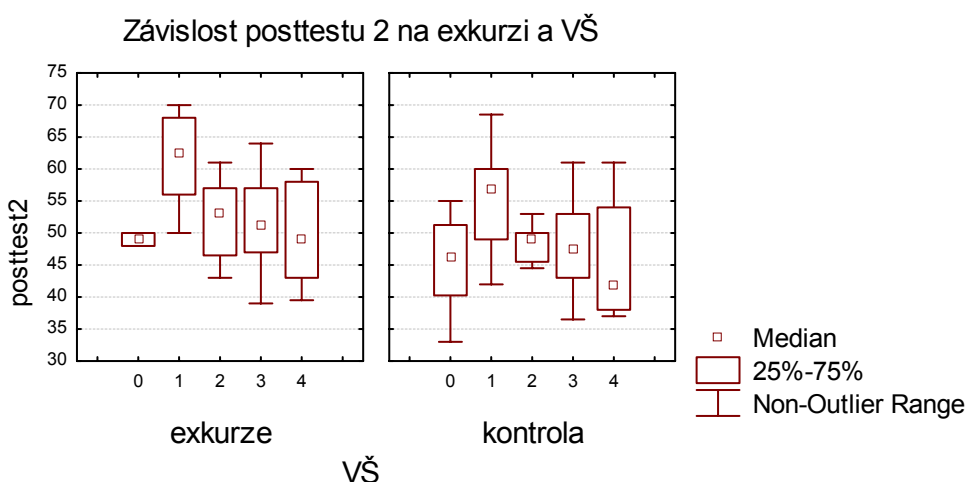
Z výstupu grafu 9 je patrné, že jak ve skupině experimentální, tak i kontrolní dosáhli vždy žáci se zájmem o biologii mnohem lepších výsledků v posttestu 2 než žáci ostatní. Zajímavý je také rozdíl ve skóre testů mezi experimentální a kontrolní skupinou. Žáci, kteří mají zájem o biologii a navíc se účastnili výuky v terénu, dosáhli celkově nejlepších výsledků a to i v porovnání pouze s žáky kontrolní skupiny, jež mají také zájem o biologii. Naopak nejhorší skóre je možné sledovat mezi žáky kontrolní skupiny, kteří o biologii zájem nemají.



**Graf 9:** Závislost výsledků posttestu 2 na exkurzi a zájmu o biologii (1 – zájem o biologii, 0 – nezájem o biologii). Čistý vliv:  $F_{1,99} = 9,727$ ,  $p = 0,002$  pro exkurzi (odečten vliv zájmu o biologii),  $F_{1,99} = 25,258$ ,  $p < 0,001$  pro zájem o biologii (odečten vliv exkurze).

### Typ vysoké školy

V případě závislosti výsledků posttestu 2 na exkurzi a typu vysoké školy, kterou by chtěli žáci studovat (graf 10), je patrné, že i v rámci každého jednotlivého typu vysoké školy dosáhli vždy žáci účastníci se exkurze lepších výsledků než žáci vyučovaní klasicky. Nejlepších výsledků dosáhli žáci, kteří chtějí studovat přírodovědně zaměřenou vysokou školu a navíc se účastnili exkurze. Dále také poměrně dobrých výsledků (podobně jako v případě posttestu 1) dosáhli žáci s technickým zaměřením, avšak tento trend je patrný spíše jen pro experimentální skupinu. Opět relativně nejhůře dopadli žáci, kteří buď vysokou školu studovat nechtějí nebo zatím nevědí, o který typ vysoké školy by se mělo jednat.



**Graf 10:** Závislost výsledků posttestu 2 na exkurzi a typu vysoké školy, kterou by chtěli žáci studovat (0 – nevím, 1 – přírodní vědy, 2 – technika, 3 – humanitní zaměření, 4 – ekonomie). Čistý vliv:  $F_{1,96} = 8,016$ ,  $p = 0,006$  pro exkurzi (odečten vliv vysoké školy),  $F_{4,96} = 7,044$ ,  $p < 0,001$  pro typ vysoké školy (odečten vliv exkurze).

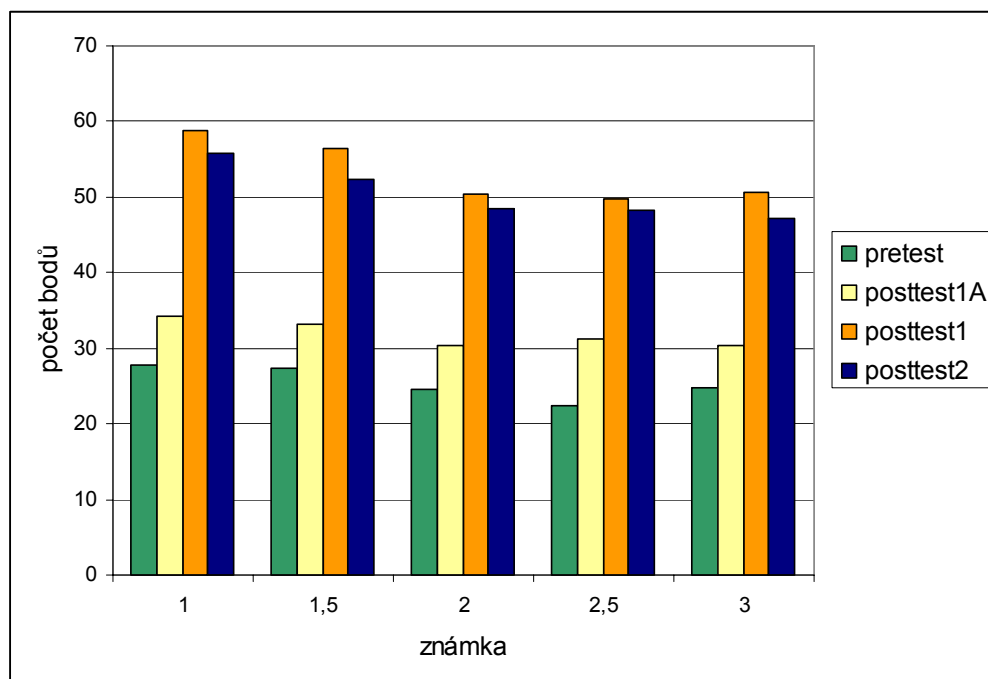
### **C) Zlepšení a zhoršení výsledků testů po exkurzi nebo klasické výuce dle známky na vysvědčení**

Pomocí párového t-testu bylo zjišťováno, zda došlo ke změně skóre v jednotlivých testech bezprostředně po výuce a s časovým odstupem pěti měsíců v závislosti na průměrné známce z biologie na vysvědčení za dvě poslední pololetí. Výsledky jednotlivých testů zobrazuje tabulka 9. Srovnání výsledků pretestu a posttestu 1A (tj. uvažovány pouze úlohy vystupující v pretestu) potvrzuje výrazné zlepšení ve všech zkoumaných kategoriích známek, což dokládá, že se téměř všichni žáci při výuce nebo exkurzi naučili něco nového. Srovnání výsledků posttestu 1 a posttestu 2 však ukazuje, že k významnému poklesu znalostí po uplynutí pěti měsíců došlo pouze u žáků, kteří měli na vysvědčení jedničky nebo nejhůře jednu dvojku (jedničkáři) a pak ve skupině trojkařů. Tato skutečnost může nasvědčovat tomu,

že právě jedničkaři jsou více svědomití a na posttest 1, který byl předem ohlášen, se pečlivěji připravili a tedy dosáhli i vysokého skóre. Na druhou stranu posttest 2 již ohlášen nebyl a žádný z žáků se tedy na test nemohl připravit. Díky tomu právě jedničkaři dosáhli horších výsledků v porovnání s jejich předchozím „příliš dobrým“ výkonem, zatímco u ostatních žáků (dvojkaři) k výraznému poklesu vědomostí nedošlo. Podobně také u trojkařů se pravděpodobně projevila absence přípravy na posttest 2 v porovnání s posttestem 1 a proto i zde můžeme pozorovat zhoršení vědomostí. Rozdíly ve výsledcích jednotlivých testů podle průměrné známky jsou zachyceny v grafu 11.

**Tabulka 9:** Párový t-test – Změna skóre testů po exkurzi nebo klasické výuce v závislosti na průměrné známce na vysvědčení. Zobrazen rozdíl průměrů ve výběrech (pro jednotlivé srovnávané testy: později napsaný test – dříve napsaný test, kladná hodnota = zlepšení, záporná hodnota = zhoršení) a p-hodnota jednostranné alternativy (pretest < posttest 1A, posttest 1 > posttest 2). Signifikantní hodnoty zvýrazněny ( $p < 0,05$ ).

známka	pretest-posttest1A		posttest1-posttest2	
	rozdíl průměrů	p	rozdíl průměrů	p
<b>1</b>	6,568	<b>&lt;0,001</b>	-3,159	<b>0,001</b>
<b>1,5</b>	5,933	<b>&lt;0,001</b>	-4,067	<b>0,006</b>
<b>2</b>	5,759	<b>&lt;0,001</b>	-1,963	0,085
<b>2,5</b>	8,955	<b>&lt;0,001</b>	-1,500	0,254
<b>3</b>	5,633	<b>0,001</b>	-3,400	<b>0,021</b>



**Graf 11:** Srovnání průměrného bodového skóre v jednotlivých testech podle průměrné známky z biologie na vysvědčení za dvě pololetí.



#### 5. 4. Jednotlivé testové úlohy

Z hodnocení obtížnosti jednotlivých testových úloh (dle Kalhous et al. 2002) vyplývá, že žádná ze zadaných úloh v žádném z testů (pretest, posttest 1, posttest 2) nebyla pro žáky natolik obtížná, že by více než 80% žáků odpovědělo zcela nesprávně (tj. alespoň 20% žáků mělo vždy alespoň částečně správnou odpověď). V případě, že bychom však uvažovali pouze zcela správně zodpovězené úlohy, obtížnost všech testů by byla vyšší (8 příliš náročných úloh pro pretest, 6 úloh pro posttest 1, 8 úloh pro posttest 2). Konkrétně se jedná o tyto úlohy: 3, 4, 5, 7, 8, 12, 15, pro pretest ještě úloha 1, 2, 6, 22 (zadání viz příloha 4); tedy jsou to otevřené úlohy s krátkou odpovědí, úlohy přiřazovací a řadící a také některé uzavřené úlohy s více správnými odpověďmi, u nichž žáci zatrhli zpravidla pouze jednu ze správných odpovědí (tj. odpovídali jen částečně správně). Na druhou stranu tři úlohy v posttestu 1 lze považovat za příliš snadné, jelikož v nich více než 80% žáků odpovědělo zcela správně (tj. získali plný počet bodů). Jedná se o úlohy číslo 1, 11 a 16 (viz příloha 4), tedy úlohy, které jsou považovány za základní a byly již součástí pretestu (otevřená úloha s krátkou odpovědí a dvě uzavřené úlohy s jednou správnou odpovědí). Ačkoliv tyto úlohy bezprostředně po výuce či exkurzi nečinily žákům žádné potíže, po pěti měsících (v posttestu 2) v nich již žáci více chybovali, a z tohoto důvodu je již za příliš snadné nelze považovat. V případě, že bychom však náročnost úloh hodnotili na základě i jen částečně správných odpovědí, spadl by do kategorie příliš snadných úloh poměrně velký počet položek (2 pro pretest, 10 pro posttest 1, 7 pro posttest 2).

I když se výuka v terénu jeví z krátkodobého hlediska přibližně stejně efektivní jako klasická výuka ve škole, analýzy úspěšnosti v jednotlivých úlohách ukazují, že existuje určitý rozdíl mezi dvěma skupinami žáků vyučovanými různým způsobem, alespoň co se týče některých úloh (tabulka 10). V posttestu 1 žáci experimentální skupiny zodpověděli lépe ty úlohy, jejichž podstatu mohli v terénu skutečně pozorovat, vyzkoušet či ověřit si jejich platnost terénním měřením nebo prostě je bylo možné v terénu lépe vysvětlit a názorně ukázat. Pouze na jednu úlohu (číslo 3) odpovídali žáci kontrolní skupiny lépe, což je pravděpodobně naopak dané tím, že tato látka byla doplněna nákresem na tabuli a popisem, což v terénu uskutečnit nešlo. Z dlouhodobého hlediska již takový rozdíl v rámci jednotlivých úloh mezi oběma skupinami není. Významně lépe odpovídali žáci experimentální skupiny pouze na dvě úlohy, které opět bylo možné v terénu názorněji ukázat. Celkově však v posttestu 2 dosáhli žáci experimentální skupiny lepších výsledků, jak bylo ukázáno výše.

Také další zkoumané faktory ovlivnily úspěšnost žáků v některých úlohách. Nejvíce významný je efekt známky a zájmu o biologii, což se projevilo v obou posttestech. Žáci s lepší známkou na vysvědčení dosahovali lepších výsledků v náročnějších úlohách, jako jsou otevřené úlohy s krátkou odpovědí, uzavřené úlohy s více správnými odpověďmi a také úlohy, k jejichž zodpovězení je nutná vyšší míra zapamatování vyučované látky. Podobně také žáci se zájmem o biologii dosahovali lepších výsledků v náročnějších úlohách, založených na jejich představě o fungování jednotlivých ekosystémů. Rozdíl mezi městem a venkovem není příliš významný. Pouze ve dvou úlohách dosáhli lepších výsledků žáci žijící na venkově. Zajímavé dále je, že dívky dosahovaly lepších výsledků ve více úlohách než chlapci, ačkoliv se jednalo o úlohy různého charakteru. Psaní posttestu 2 v jedné ze tříd viz obrázek 7.



**Obrázek 7:** Psaní posttestu 2.

**Tabulka 10:** ANOVA s jednoduchým tříděním – Závislost skóre jednotlivých úloh v posttestu 1 a v posttestu 2 (viz příloha 4) na způsobu výuky, průměrné známce na vysvědčení, zájmu o biologii, bydlišti a pohlaví. Zobrazena p-hodnota, v závorce uvedena kategorie, která dosáhla lepších výsledků (E – exkurze, K – kontrola, I – jedničkáři, Z – zájem o biologii, V – venkov, Ž – žena, M – muž). Signifikantní hodnoty zvýrazněny ( $p < 0,05$ ).

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
exkurze	postt1	0,074	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,693	0,149	0,228	0,326	0,468	0,936	<b>0,045</b>	<b>0,039</b>	0,263	<b>0,021</b>	<b>0,01</b>	0,326	0,975	0,058	0,612	<b>0,039</b>	0,063	0,52	0,297	<b>0,003</b>	0,582	0,19
			<b>(E)</b>	<b>(K)</b>							<b>(E)</b>	<b>(E)</b>		<b>(E)</b>	<b>(E)</b>				<b>(E)</b>				<b>(E)</b>			
	postt2	0,63	0,072	0,745	0,954	0,096	0,652	0,4	0,311	0,681	0,489	0,06	<b>0,012</b>	<b>0,002</b>	0,058	0,343	0,347	0,223	0,956	0,162	0,067	0,281	0,973	0,052	0,5	0,104
												<b>(E)</b>	<b>(E)</b>													
známka	postt1	0,261	0,204	0,056	0,089	<b>0,002</b>	0,295	516	<b>0,015</b>	0,051	0,412	0,061	0,206	0,827	0,903	0,159	0,524	<b>0,014</b>	<b>0,049</b>	0,116	<b>0,033</b>	0,274	0,536	<b>0,019</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,055
						<b>(1)</b>			<b>(1)</b>									<b>(1)</b>	<b>(1)</b>		<b>(1)</b>			<b>(1)</b>	<b>(1)</b>	
	postt2	0,795	0,183	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,044</b>	0,069	<b>0,049</b>	0,243	0,103	0,109	0,83	<b>0,011</b>	<b>0,002</b>	0,764	0,607	<b>0,041</b>	0,055	0,066	0,146	0,185	0,202	<b>0,047</b>	0,65	0,069	0,468	0,737
				<b>(1)</b>	<b>(1)</b>		<b>(1)</b>				<b>(1)</b>	<b>(1)</b>			<b>(1)</b>						<b>(1)</b>					
zájem bio	postt1	0,219	0,112	0,274	0,052	<b>0,002</b>	0,218	0,256	<b>0,003</b>	0,266	0,072	<b>0,025</b>	0,318	0,46	0,113	0,213	0,174	0,265	0,087	0,543	0,062	0,892	0,629	<b>0,017</b>	0,119	0,549
						<b>(Z)</b>			<b>(Z)</b>			<b>(Z)</b>												<b>(Z)</b>		
	postt2	0,428	0,055	<b>0,044</b>	<b>0,045</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	0,091	<b>0,005</b>	<b>0,031</b>	0,992	<b>0,023</b>	<b>0,013</b>	0,391	0,093	0,513	0,096	0,154	0,956	0,839	<b>0,023</b>	0,168	<b>0,018</b>	0,941	<b>0,09</b>	0,978
				<b>(Z)</b>	<b>(Z)</b>	<b>(Z)</b>	<b>(Z)</b>		<b>(Z)</b>	<b>(Z)</b>		<b>(Z)</b>	<b>(Z)</b>								<b>(Z)</b>		<b>(Z)</b>		<b>(Z)</b>	
bydliště	postt1	0,366	0,225	0,906	0,137	0,056	0,62	<b>0,001</b>	0,159	0,93	0,292	0,239	0,744	0,052	0,468	0,227	<b>0,022</b>	0,278	0,633	0,606	0,518	0,408	0,295	0,887	0,205	0,342
								<b>(V)</b>									<b>(V)</b>									
	postt2	0,212	0,06	0,484	0,408	0,305	0,507	0,07	0,485	0,301	0,825	0,132	0,314	0,52	0,284	0,27	0,477	0,471	0,423	0,44	0,901	0,6	0,872	0,073	0,23	0,845
pohlaví	postt1	0,256	0,875	0,38	0,916	0,195	0,559	0,72	0,817	0,741	0,627	<b>0,011</b>	0,127	0,31	0,878	0,687	0,656	0,456	0,196	<b>0,028</b>	0,374	0,748	0,707	<b>0,049</b>	0,398	0,215
												<b>(ž)</b>								<b>(m)</b>				<b>(ž)</b>		
	postt2	0,273	0,752	0,685	<b>0,039</b>	<b>0,011</b>	0,81	0,916	<b>0,008</b>	0,422	0,38	0,36	<b>0,041</b>	0,387	0,262	0,227	0,13	0,529	0,753	0,364	0,768	0,386	0,59	0,099	0,564	<b>0,03</b>
					<b>(ž)</b>	<b>(ž)</b>		<b>(ž)</b>				<b>(ž)</b>														<b>(m)</b>

## 5. 5. Dotazník

Na konci experimentu byl žákům zadán dotazník týkající se teorie učení (jako součást posttestu 2), který měl odhalit jakými formami a metodami se žákům lépe učí, které pomůcky považují za nejvíce přínosné a v jakém prostředí se rádi učí. Konkrétní znění dotazníkových otázek z posttestu 2 je v příloze 5. Vyhodnocení odpovědí žáků (tabulka 11) nasvědčuje tomu, že většina žáků dává přednost doplnění výuky živou přírodninou (1d) a to jak ve škole, tak i v terénu (3c). Co se týče způsobu uskutečnění výuky (2), tedy zda je zapisován výklad na tabuli, promítána statická či dynamická prezentace či probíhá výuka v přírodě, jsou preference žáků značně odlišné a žádný z těchto způsobů není upřednostňován. Z vyučovacích forem však zcela jednoznačně převládá výklad (4a) nad všemi ostatními formami výuky, exkurze (4e) však vystupuje hned na druhém místě a některými žáky je také upřednostňována forma řízeného rozhovoru (4b). Žáci dávají dále přednost vysvětlení nové látky obecně i na konkrétních příkladech (5c) a zápis do sešitu nejraději provádí dle tabule (6a) nebo si sami vytváří vlastní poznámky při výuce (6b). Žáci se dále nejčastěji domnívají, že si nejlépe a nejdelší dobu zapamatují látku vyučovanou jak ve škole, tak i v přírodě (7c), a že novým pojmům a zákonitostem nejlépe porozumí a tedy si tyto vědomosti nejdéle uchovají v paměti, pokud si je mohou prakticky vyzkoušet a ověřit v přírodě (8b) nebo (menší počet žáků) ve škole (8a). Jen malé procento žáků dává přednost jejich pouhému vyslechnutí a to konkrétně spíše ve škole (8c).

**Tabulka 11:** Shrnutí odpovědí žáků na jednotlivé dotazníkové položky. Konkrétní znění viz příloha 5.

		a	b	c	d	e
1.	doplnění výuky	24,51%	24,51%	16,67%	34,31%	-
2.	způsob výuky	26,47%	23,53%	24,51%	25,49%	-
3.	přírodnina	22,55%	12,75%	64,71%	-	-
4.	forma výuky	49,02%	14,71%	9,80%	2,94%	23,53%
5.	vysvětlení látky	24,51%	3,92%	71,57%	-	-
6.	zápisky	46,08%	45,10%	8,82%	-	-
7.	místo výuky	24,51%	28,43%	46,08%	-	-
8.	zapamatování	33,33%	42,16%	15,69%	8,82%	-

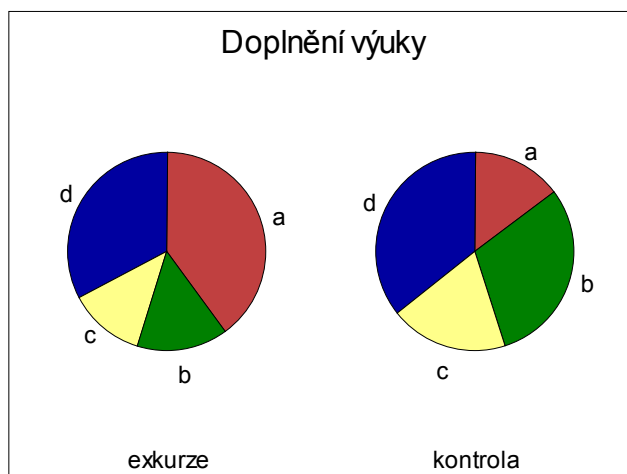
Možnosti (dle dotazníku), které žákům nejlépe vyhovují při jejich učení se mohou lišit podle toho, zda se žáci účastnili exkurze či nikoliv, ale také podle toho, jakou mají známku z biologie na vysvědčení, zda je biologie zajímavá či nikoliv, zda bydlí ve městě či na venkově a také jakého jsou pohlaví. Frekvenční analýza (tabulka 12) ukázala, že žáci, kteří se účastnili exkurze, dávají přednost výuce doplněné spíše schematickými nákresy a živou přírodninou

(1a, d), zatímco žáci kontrolní skupiny upřednostňují zejména fotografie a nástěnné obrazy a modely (1b, c) nebo také živou přírodninu (1d) (graf 12 A), což odpovídá nejvíce tomu, jakým způsobem byla žákům látka během experimentu skutečně předkládána. Žáci s dobrou známkou na vysvědčení (jedničkáři) považují za nejvíce přínosné z hlediska jejich zapamatování učit se ve škole i v terénu (7c), zatímco žáci s horšími známkami dávají přednost pouze jednomu z míst – tedy někteří si zapamatují více ve škole (7a), jiní zase jen v přírodě (7b). Žáci se zájmem o biologii dávají přednost dělat si vlastní zápisky při výuce (6b), zatímco ostatní žáci upřednostňují zápis podle tabule (6a) (graf 12 B), což odpovídá tomu, že žáci se zájmem o biologii mají snahu zachytit co nejvíce informací, zatímco pro ostatní je snazší si poznámky opsat z tabule. Zajímavé rozdíly v upřednostňovaném způsobu výuky jsou také mezi pohlavími. Dívky dávají přednost zejména zápisu výkladu na tabuli nebo výuce podpořené statickou prezentací (2a, b), zatímco u chlapců značně převažuje dynamická výuka (2c, d) – ať už se jedná o výuku ve škole podpořenou například promítáním videa, tak výuku v přírodě (ta je jen o něco méně často upřednostňována i dívkami) (graf 12 C). U dívek se tedy projevuje tendence si látku lépe utřídit tím, že ji vidí před sebou napsanou, zatímco chlapci mají raději, když určité zákonitosti mohou přímo pozorovat. Co se týče demonstrace přírodniny, dávají dívky zcela jednoznačně přednost jejímu pozorování ve škole i v přírodě (3c), u chlapců je kromě této možnosti výhodné pozorovat ji jen ve škole (3a). Místo bydliště žáků však neprokázalo žádnou souvislost s upřednostňovaným způsobem výuky a učení. Výsledky jednotlivých analýz zachycuje tabulka 12.

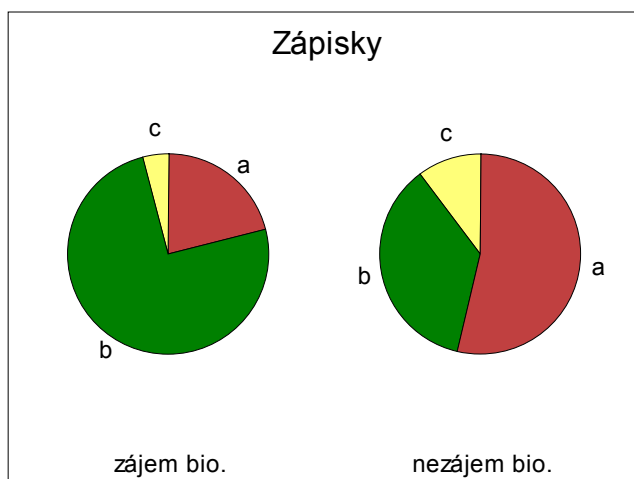
**Tabulka 12:** Frekvenční analýzy – Závislost odpovědi v dotazníku týkající se teorie učení (příloha 5) na způsobu výuky (exkurze), známce, zájmu o biologii, bydliště a pohlaví žáků. Zobrazena Chi-kvadrát statistika a p-hodnota. Signifikantní hodnoty zvýrazněny ( $p < 0,05$ ).

		exkurze		známka		zájem bio.		bydliště		pohlaví	
		Chi <sup>2</sup>	p	Chi <sup>2</sup>	p	Chi <sup>2</sup>	p	Chi <sup>2</sup>	p	Chi <sup>2</sup>	p
1.	doplnění výuky	9,619	<b>0,022</b>	0,61	0,894	0,444	0,801	1,001	0,606	1,786	0,409
2.	způsob výuky	3,336	0,343	4,182	0,243	1,166	0,558	2,228	0,526	9,101	<b>0,028</b>
3.	přírodnina	0,565	0,754	2,977	0,226	3,705	0,157	0,106	0,744	8,811	<b>0,012</b>
4.	forma výuky	2,823	0,42	4,657	0,199	0,554	0,457	0,128	0,938	3,539	0,17
5.	vysvětlení látky	0,318	0,573	2,303	0,129	2,831	0,093	1,544	0,214	0,042	0,837
6.	zápisky	0,982	0,612	2,513	0,113	10,14	<b>0,001</b>	1,747	0,186	1,524	0,217
7.	místo výuky	0,62	0,733	7,176	<b>0,028</b>	0,527	0,468	3,574	0,167	0,945	0,624
8.	zapamatování	1,78	0,619	2,843	0,241	0,274	0,872	0,975	0,614	2,292	0,318

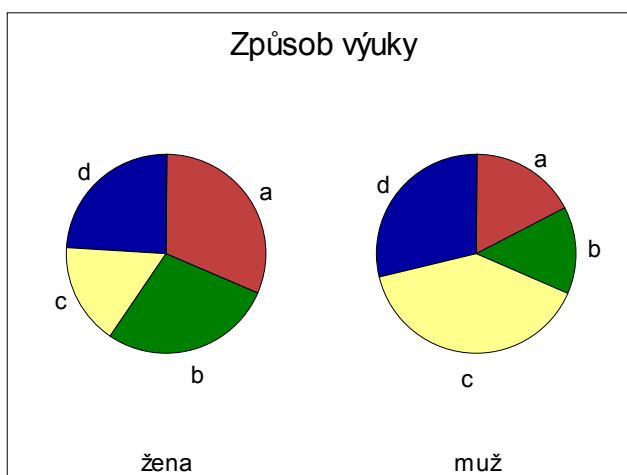
A)



B)



C)



**Graf 12:** Rozložení odpovědí žáků v dotazníku z hlediska **A)** 1. položky – doplnění výuky – v závislosti na exkurzi či klasické výuce, **B)** 6. položky – vytváření zápisků žáky při výuce – v závislosti na zájmu o biologii, **C)** 2. položky – uskutečnění a způsob výuky – v závislosti na pohlaví. Jednotlivé dotazníkové položky a možné odpovědi viz příloha 5.

## 6. Diskuse

O tom, jak platné jsou závěry jakéhokoli výzkumu, rozhoduje v první řadě kvalita vstupních dat a až poté jejich zpracování a interpretace. Zmíním se proto nejprve o některých problémech a omezeních týkajících se zvolené metodiky a teprve poté se budu věnovat vlastní interpretaci výsledků.

### 6. 1. Diskuse použité metodiky

#### 6. 1. 1. Žáci

Ačkoliv by bylo žádoucí mít na všech školách všechny žáky ze stejného ročníku a typu studia (například jen čtyřleté studium) a vyučované biologii stejným učitelem (alespoň v rámci konkrétní školy) (jako například Schaal et Bogner 2005), nebylo možné tento požadavek z několika důvodů splnit. Snad nejzásadnějším omezením bylo, že se na konkrétní škole v tomto ohledu dvě shodné třídy, z nichž jedna by byla experimentální a druhá kontrolní, prostě nenacházely a pokud ano, tak to byly třídy z nižšího ročníku studia a tedy s nižší úrovní dosažených znalostí. Důsledkem toho byly nakonec vybrány buď jen druhé ročníky (Kladno) nebo jen třetí ročníky (Slaný), ale vyučované dvěma různými učiteli, nebo žáci druhého a třetího ročníku (Praha), ale vyučovaní stejným učitelem. Kvůli tomuto nedostatku bylo velice důležité, aby počáteční znalosti žáků o ekosystémech (ověřované pretestem) se významně nelišili mezi experimentální a kontrolní skupinou. Významná byla také informace, že na žádné ze škol (tedy ani v žádné ze tříd) nebyla ekologie vyučována jako samostatná vyučovací jednotka již dříve.

Také rozdělení žáků do dvou skupin – experimentální a kontrolní – je velice důležité pro pozdější interpretaci získaných výsledků. V souladu s Prokop et al. (2006, 2007) bylo rozdělení provedeno zcela náhodně. V některých dalších pracích však byly do experimentální skupiny přednostně zařazeni studenti se zájmem o účast v daném programu (Leeming et Porter 1997, Bogner 1999). Výsledky takovýchto studií mají jen omezenou platnost, jelikož nelze přesně stanovit, zda studenti dosáhli lepšího výkonu vlivem experimentálního ošetření nebo jen náhodou díky jejich zvýšenému zájmu. Dalším problémem některých studií je, že buď neměly žádnou kontrolní skupinu, čili dosažené výsledky v experimentální skupině nelze s ničím porovnat (Lisowski et Disinger 1991), nebo ačkoliv kontrolní skupinu obsahovaly, přesto v ní zařazení studenti nebyli těžé látce vyučováni (Killermann 1998, Bogner 1999).

Dalším možným omezením je menší počet žáků v experimentální skupině oproti skupině kontrolní, což je dané zejména tím, že žáci z experimentální skupiny více chyběli.

Značně nízký počet žáků je však patrný v experimentální skupině z pražského gymnázia (v důsledku účasti části třídy na výměnném pobytu a navíc velké absenci zbylých žáků na exkurzi). Jelikož však znalosti žáků byly porovnávány vždy pro celou experimentální skupinu (všechny tři experimentální třídy) a pro celou kontrolní skupinu (všechny tři kontrolní třídy) dohromady, lze počet žáků v obou těchto skupinách považovat za dostatečný.

## 6. 1. 2. Výuka

Výuce v experimentální i kontrolní skupině bylo věnováno přibližně stejné množství času, což je důležité z hlediska posuzování efektivitu různých způsobů výuky. V kontrolní skupině byly výuce věnovány 4 vyučovací hodiny a ačkoliv v experimentální skupině bylo věnováno totéž množství času na vlastní exkurzi a navíc byla ještě realizována s těmito žáky přípravná a shrnující vyučovací hodina ve škole, lze množství času věnované vlastní výuce považovat v obou skupinách za shodné, jelikož jsou v terénu určité časové prodlevy způsobené přechodem žáků mezi stanovišti, odpočinkem a svačinou. Kulič (1980) například uvádí, že za efektivní způsob výuky lze považovat pouze ten, v němž žáci dosáhli dobrých výsledků (lepších nebo shodných s kontrolní skupinou) a současně bylo vlastní výuce věnováno menší nebo nejvýše stejné množství času jako by bylo věnováno při tradiční výuce. Některé výzkumy, v nichž žáci vyučování netradičním způsobem dosáhli lepších výsledků než ti, kteří byli vyučováni klasicky, ale neuvažují shodnou časovou dotaci. Například Killermann (1998) a Manzanal et al. (1999) věnovali stejné množství času výuce určitého tématu ve škole oběma skupinám a navíc podrobili experimentální skupinu ještě exkurzi.

V souladu s Orion et Hofstein (1994) byla experimentální skupina na exkurzi předem připravena, avšak ne v takovém rozsahu, jako uvádí zmiňovaní autoři. Žáci tak byli seznámeni s lokalizací exkurze, důležitými organizačními pokyny a také s tím, co mohou na exkurzi očekávat, které praktické úkoly budou vypracovávat a jak. Přesto však žáci neměli možnost si ve škole konkrétní metody sběru dat ani určování přírodnin vyzkoušet. Tyto metody jim byly pouze slovně vysvětleny. Jelikož nebyla zkoumána žádná další skupina s rozsáhlejší přípravou, nelze posoudit dopad realizovaného rozsahu přípravy na žáky.

Ve všech případech proběhla vlastní exkurze bez problémů, žáci vypracovávali úkoly dle pracovního listu a aktivně se zapojovali do rozhovorů a diskusí o určitých pozorovaných objektech a jevech. Nejzajímavější však pro žáky bylo provádění vlastních terénních měření a odběr vzorků či odchyt bezobratlých živočichů, jejich identifikace a s tím spojené úkoly. Žáci si tak mohli vyzkoušet různé metody, s nimiž se mnozí z nich dosud nesetkali. Ačkoliv



musela být výuka v terénu trochu přizpůsobena konkrétním charakteristikám jednotlivých tříd (například odlišné schopnosti žáků v poznávání přírodnin), přesto byla metodika výuky ve všech třídách shodná. Totéž platí také pro klasickou výuku žáků v kontrolních třídách, kde dle reakcí žáků a jejich aktivity bylo více či méně využíváno prvků výkladu a řízeného rozhovoru s žáky.

Závěrečné shrnutí exkurze v experimentální skupině proběhlo také velice uspokojivě. Žáci prokázali dobrou schopnost prezentovat a sdělit ostatním výsledky jejich pozorování. Ačkoliv se kvalita prezentování i příprava na něj mezi žáky z jednotlivých škol lišila, žádná pracovní skupina si nepřipravovala prezentaci v powerpointu, jelikož to po nich nebylo vyžadováno. Díky tomu měly všechny prezentace víceméně podobný charakter. Žáci si buď ve skupinách rozdělili role a na základě toho pak prezentovali svá zjištění (Kladno, Praha), nebo k prezentování vybrali vždy určité zástupce skupiny (Slaný). Skupinová práce však ukázala, že ne všichni žáci tuto metodu znají a dokáží plně využít (zejména Slaný).

### 6. 1. 3. Výzkumný nástroj

Výzkumný nástroj se skládal ze tří po sobě zadaných testů (pretest, posttest 1 a posttest 2). Otázkou je, zda by měly všechny testy obsahovat stejné úlohy nebo by se měly lišit, kdy by měly být testy zadány (s jakým časovým odstupem) a zda je žákům předem ohlásit či nikoliv. Tuto problematiku řešilo již několik badatelů dříve (například Bogner 1998), jelikož mohou tyto faktory do značné míry ovlivnit získané výsledky.

Zařazení shodných úloh ve všech testech je významné pro možnost párového srovnání skóre jednotlivých testů a tak zhodnocení, zda došlo u žáků k nějaké změně v jejich znalostech v důsledku výuky. Na druhou stranu však hrozí riziko, že si žáci budou některé úlohy pamatovat z dříve napsaného testu a jejich výkon tak nebude přesně odrážet jen vliv zvoleného způsobu výuky. Jelikož žákům po napsání pretestu nebyly sděleny správné odpovědi a ani žádné další informace, žáci nevěděli, že budou v následných testech dotazováni na stejné otázky, a navíc oba posttesty obsahovaly ještě další dodatečné úlohy, hlouběji zaměřené na probranou látku, které byly různě vizuálně zařazeny mezi pretestové položky, efekt zapamatování si správných odpovědí z předchozího testu byl minimalizován. Mezi zadáním posttestu 1 a posttestu 2 byl také velký časový odstup. Navíc bylo toto riziko zapamatování si správných odpovědí zohledněno při statistickém zpracování výsledků a to tak, že vždy skóre předchozího testu bylo odečteno (jako kovariáta) od výsledků zkoumaného testu (ve shodě s Leeming et Porter 1997, Prokop et al. 2006, 2007).

Dalším důležitým faktorem je časový odstup mezi zadáním jednotlivých testů. Pro zkoumání krátkodobých efektů terénní výuky je vhodné zadat test (posttest 1) co možná nejdříve po skončení vlastní výuky. Prokop et al. (2006 a 2007) zadávali test 4 nebo 3 dny po výuce. V mém případě byly podobně testy zadány v nejbližší nadcházející vyučovací hodině, což však bylo po jednom, případně až dvou týdnech (z důvodu účasti některých tříd na školním nebiologickém kurzu). Větší problém byl s rozhodnutím, kdy zadat retenční test (posttest 2). Většina badatelů zkoumajících dlouhodobé efekty výuky v terénu totiž zvolila časový interval přibližně jeden měsíc (Bogner 1998, Randler et Bogner 2002, Schaal et Bogner 2005), což zdůvodňují tím, že za tuto dobu zůstanou pozitivní aspekty programu zachovány a negativní aspekty vymizí (žáci je zapomenou). Jelikož je však potřeba, aby si žáci pamatovali látku déle, chtěla jsem zjistit dlouhodobý efekt exkurze po ještě delší době. Psychologické výzkumy zabývající se otázkou paměti a zapomínání (Linhart 1982, Sternberg 2002) však v tomto ohledu nepomohly. Nakonec byl tedy retenční test zadán po pěti měsících, což je téměř ve shodě s prací Bognera (1998), která jako jediná zkoumala dlouhodobý efekt terénního ekologického programu po půl roce.

Oznámíme-li žákům test jako plánované písemné zkoušení, je velice pravděpodobné, že se na něj připraví. Zajímavé je tedy zjistit, jak je výkon žáků ovlivněn různým způsobem výuky, pokud jim je krátce po výuce oznámeno, že z probrané látky budou psát test (posttest 1) a pokud jim toto sdělení oznámeno není (posttest 2). V případě posttestu 2 navíc žáci ani netušili, že by po delší době měli nějaký další test psát. Na rozdíl od předkládané práce, Prokop et al. (2006 a 2007) při zjišťování pouze krátkodobého efektu výuky v terénu však žákům psaní posttestu předem neoznámili. Neoznámení retenčního testu (posttest 2) však bylo v souladu s prací Bognera (1998).

#### 6. 1. 4. Statistické zpracování dat

V důsledku toho, že někteří žáci alespoň v jedné části experimentu chyběli (vlastní výuka/exkurze či některý z testů), bylo nutné tyto žáky ze statistických analýz vyloučit, aby jednak mohl být zkoumán skutečný vliv způsobu výuky na znalosti žáků a také, aby mohla být provedena všechna párová srovnání výsledků jednotlivých testů. To vedlo k celkovému snížení počtu žáků zahrnutých do analýz.

Pro zjišťování efektivity výuky dvěma různými způsoby je důležité také to, jak je rozdíl ve výkonu žáků z experimentální a kontrolní skupiny posuzován. Někteří autoři totiž považují za důkaz efektivnějšího způsobu výuky již jen to, pokud dojde ke zlepšení výkonu

žáků mezi pretestem a posttestem (DiEnno et Hilton 2005). Tato práce však neuvažuje, že ačkoliv může dojít k výraznému zlepšení výsledků pouze v experimentální skupině (a proto je tento způsob výuky považován za efektivnější), přesto však celkové skóre posttestu může být naopak vyšší u žáků kontrolní skupiny (DiEnno et Hilton 2005). Otázkou pak je, zda ten či onen způsob výuky je skutečně efektivnější. Z tohoto důvodu je důležité se zaměřit nejen na zlepšení či zhoršení výkonu žáků z jednotlivých skupin, ale také srovnat výsledky vždy jednoho konkrétního testu mezi oběma skupinami (například Prokop et al. 2006, 2007). Proto byly provedeny oba způsoby porovnání výsledků žáků.

## **6. 2. Diskuse výsledků**

### **6. 2. 1. Efektivita výuky v terénu**

Výsledky této práce ukazují, že z krátkodobého hlediska je výuka v terénu přibližně stejně efektivní jako klasická výuka ve škole. To může být dané jednak tím, že posttest 1 byl žákům předem oznámen jako plánované písemné zkoušení a proto se na něj žáci obou skupin připravili. Jelikož byl obsah výuky totožný, pouze s tím rozdílem, že žáci vyučovaní v terénu měli možnost jednotlivé objekty a jevy v přírodě přímo pozorovat a aktivně se do výuky zapojit, měli všichni žáci přibližně stejné možnosti na přípravu (žáci experimentální skupiny měli k dispozici pracovní listy doplněné vlastními poznámkami a žáci kontrolní skupiny se učili ze zápisu vytvořeného při výuce). Dalším možným vysvětlením je, že každému žákovi může více vyhovovat jiný styl výuky, ale v obou skupinách bylo přibližně stejné množství žáků s preferencí různých stylů. K podobným výsledkům, jako je prezentováno v této práci, dospělo i několik dalších badatelů (Randler et Bogner 2002, Schaal et Bogner 2005). Naopak Prokop et al. (2006, 2007) prokázali významný pozitivní krátkodobý vliv terénní výuky. Tyto studie se lišili v tom, že žáci o psaní testu předem nevěděli.

Z dlouhodobého hlediska je však výuka v terénu více efektivní než klasická výuka. Značný význam tohoto zjištění spočívá v tom, že se tento efekt podařilo prokázat jak pro samotný vliv exkurze, kde byly porovnány pouze výsledky posttestu 2 mezi oběma skupinami, tak také po odečtení vlivu všech dalších průkazných faktorů – škola, známka, zájem o biologii, typ budoucí vysoké školy. Výuka v terénu je tedy efektivnější i tehdy, pokud zohledníme výše uvedené faktory – to znamená, že i mezi zájemci o biologii nebo mezi žáky se stejnou známkou, se zájmem o studium stejného typu vysoké školy a také žáky navštěvujícími tutéž školu je významný rozdíl v závislosti na způsobu výuky. Žáci vyučovaní v terénu si tedy i po pěti měsících po exkurzi pamatují mnohem více informací než žáci

vyučování klasicky a tyto jejich vědomosti jsou tak lépe přístupné v praxi, jelikož žáci jsou schopni jich užít bez nutnosti předchozího opakování. Přesto je však nutné zmínit, že i žáci kontrolní skupiny si pamatovali po pěti měsících poměrně dost informací. Také Bogner (1998) a Randler et Bogner (2006) odhalili ve svých studiích významný pozitivní dlouhodobý vliv terénní výuky, ačkoliv v případě druhých zmíněných autorů byl tento efekt zjišťován pouze po 6 týdnech po konání kurzu (Randler et Bogner 2006). Naopak Schaal et Bogner (2005) a Sturm et Bogner (2008) ukazují významně lepší dlouhodobé výsledky u žáků vyučovaných klasicky než u žáků, kteří se účastnili výuky v pracovních stanicích. Zde však spíše než nedostatek porozumění hrála významnou roli nedostatečná motivovanost žáků a přílišná pohoda při výuce, které způsobily nedostatečné osvojení nových pojmů.

Avšak pokud bychom se zaměřili pouze na změnu skóre mezi jednotlivými testy u žáků experimentální i kontrolní skupiny (párová srovnání), je u obou skupin patrné značné zlepšení v důsledku výuky, které přetrvává i po pěti měsících, a také významné zhoršení výsledků mezi posttestem 1 a posttestem 2 u obou skupin. Ačkoliv je zhoršení po pěti měsících v kontrolní skupině o něco málo větší než v experimentální skupině, rozdíl mezi těmito dvěma skupinami není statisticky průkazný. Randler et Bogner (2002), kteří taktéž prováděli párová srovnání výsledků jednotlivých testů, ukazují, že k významnému poklesu znalostí v retenčním testu oproti posttestu 1 sice došlo pouze u kontrolní skupiny, avšak jen v případě žáků základních škol, nikoliv však u žáků gymnázií. Možným vysvětlením je, že v případě gymnazistů dosáhli žáci experimentální i kontrolní skupiny „příliš dobrých“ výsledků v posttestu 1, například díky tomu, že se na test připravovali, a proto zákonitě muselo v určité míře k zapomínání dojít u všech žáků.

Ať už výuka v terénu přispívá více či méně k získání a uchování určitých vědomostí, je nutné si uvědomit, že pomáhá rozvíjet i řadu dalších schopností a dovedností, které nebylo možné pomocí testu posoudit (Kulič 1980). Například by bylo vhodné zkoumat u žáků také jejich schopnost identifikovat určité druhy rostlin a živočichů typických pro studované ekosystémy, které měli žáci možnost při exkurzi pozorovat v přírodě, zatímco žáci kontrolní skupiny je viděli pouze na obrázcích nebo v učebnici. Je pravděpodobné, že pokud by byly v testu žákům prezentovány živé položky, pak by žáci experimentální skupiny odpovídali lépe, avšak pokud byly použity pouze obrázky, jako v případě mnou zadávaných testů, pak žáci, kteří se účastnili exkurze, byli v tomto ohledu znevýhodněni. To znamená, že pokud bychom testování žáků zaměřili více prakticky, což ovšem není běžné ve školní praxi, je možné, že by se efekt terénní výuky projevil jako více úspěšný i z krátkodobého hlediska (v posttestu 1).

## 6. 2. 2. Vliv dalších faktorů

Dle očekávání byly výsledky posttestu 1 ovlivněny známkou na vysvědčení, zatímco výsledky posttestu 2 nikoliv (čistý vliv). To je dané zejména tím, že posttest 1 byl žákům předem ohlášen a proto se na něj žáci připravili tak, jak odpovídá jejich školnímu hodnocení. V případě posttestu 2 pak hrály významnější roli další faktory, jelikož žáci o tomto testu předem nevěděli. Srovnání výsledků jednotlivých testů (pomocí párového t-testu) na základě průměrné známky na vysvědčení toto tvrzení také podporuje. V důsledku výuky – v terénu nebo klasicky, došlo k významnému zlepšení vědomostí u všech žáků. Po pěti měsících se však významně zhoršily znalosti pouze u jedničkařů a pak také u trojkařů, což může souviset právě s absencí přípravy na test a také s dobrým výkonem žáků již v posttestu 1.

Velice důležitými faktory, které ovlivnily výsledky jak posttestu 1, tak posttestu 2 jsou zájem žáků o biologii (ve smyslu, že žáci chtějí studovat přírodovědně zaměřenou vysokou školu a současně chtějí buď maturovat z biologie nebo mají pozitivní vztah k biologii a také k přírodě) a typ vysoké školy, který by chtěli žáci studovat. Většina dřívějších prací se však nezabývala vztahem mezi výsledky testů a těmito faktory, ale zkoumaly vliv terénní výuky na změny v postojích žáků k přírodě, biologii nebo přírodopisu a také k povolání v oboru (Prokop et al. 2006, 2007). Tyto práce ukazují, že terénní výuka může mít významný pozitivní vliv na postoje a následně i chování žáků k přírodě. Jelikož je zájem žáků o přírodu a biologii silným motivačním prvkem, který může vést k dalšímu rozvoji přírodovědných znalostí a dovedností i ve volném čase, dosahovali tito žáci nejlepších výsledků. Zajímavé je také zjištění, že nejen žáci chtějící studovat přírodovědně zaměřené vysoké školy, ale také technicky zaměření žáci dosahovali v obou posttestech lepších výsledků v porovnání s humanitně či ekonomicky zaměřenými žáky (v případě posttestu 2 zejména v rámci experimentální skupiny). To může být dané tím, že pravděpodobně tito žáci o otázkách položených v testech více logicky uvažovali a odvozovali závěry, což odpovídá požadavkům technického, spíše než humanitního či ekonomického zaměření.

Dalším důležitým faktorem, který může mít vliv na znalosti žáků, je místo jejich bydliště. Tento efekt je však patrný pouze z krátkodobého hlediska (posttest 1) a navíc jen tehdy, pokud neodfiltrujeme vliv dalších faktorů, které taktéž významně ovlivňují výsledky posttestu 1 (známka, zájem o biologii, typ vysoké školy). Žáci, kteří bydlí na venkově, dosáhli v tomto testu lepších výsledků než žáci žijící ve městě, což pravděpodobně souvisí s tím, že se žáci z venkova mohou častěji pohybovat v přírodních ekosystémech a tak je lépe poznávat. Pro velkou korelaci bydliště s dalšími faktory nelze vyloučit například to, že právě žáci žijící

na venkově mají současně také větší zájem o biologii a o přírodu. Prokop et al. (2006) však ve své studii neodhalili významný vliv lokalizace školy (město Trnava a venkov), což vysvětlují tím, že Trnava je poměrně malé město a proto i žáci z městské školy mají dostatek příležitostí pohybovat se v přírodě. Dalším možným vysvětlením je, že i žáci navštěvující městskou školu mohou bydlet na venkově a do školy ve městě pouze dojíždějí. Jako vhodnější přístup se proto ukázalo využít skutečné bydliště žáků a nikoliv pouze lokalizaci školy, což je prezentováno v předkládané práci.

Zajímavé je také zjištění, že množství uchovaných informací po pěti měsících (posttest 2) se významně liší mezi jednotlivými školami, které žáci studují, zatímco výsledky posttestu 1 tímto faktorem ovlivněny nejsou. V případě, že se žáci mohli na test připravit a měli ještě v paměti živé vzpomínky na exkurzi, případně klasickou výuku, pak osvojení znalostí proběhlo na všech školách téměř shodně a žáci proto v posttestu 1 dosahovali ve všech školách podobných výsledků. Avšak až po uplynutí delší doby (pět měsíců) se může projevit skutečná míra porozumění žáků osvojované látce a s tím související dosažená úroveň znalostí jednotlivých žáků i celé školy. Nejnižší skóre v posttestu 2 a zároveň také nejvýraznější rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou (ve prospěch experimentální skupiny) je patrný u žáků z gymnázia ve Slaném, zatímco nejlepších výsledků v obou zkoumaných skupinách dosáhli žáci z gymnázia v Kladně. Tato závislost výsledků posttestu 2 na škole má však pouze informativní charakter, jelikož v experimentální skupině pražského gymnázia bylo příliš málo žáků. Z tohoto důvodu nelze tuto závislost příliš zobecnit.

Předpoklad, že lepších výsledků v posttestu 1 i posttestu 2 budou dosahovat žáci, kteří uvedli, že pro ně byl realizovaný způsob výuky (exkurze nebo klasická výuka) více přínosný než druhá možnost, se prokázat nepodařilo, jelikož se výsledky žáků s různou domněnkou od sebe příliš nelišili a to ani v experimentální, ani v kontrolní skupině. To může být dané například tím, že exkurze představuje pro žáky málo častou formu výuky, s níž nemají tak velké zkušenosti jako s klasickou výukou a tím může být její přínosnost z pohledu jednotlivých žáků snížena. Navíc také sami žáci často nevědí, který ze způsobů výuky je pro ně efektivnější, jelikož nemají příliš mnoho příležitostí k ověření. Navíc mnozí žáci také dávají přednost výuce jak ve škole, tak v terénu, aby jim tyto dvě různé formy výuky vhodně propojili a dokreslili jejich znalosti.

Vliv dalších studovaných faktorů – vztah k přírodě, pohlaví se taktéž nepodařilo prokázat ani pro jeden z posttestů. Většina z žáků má totiž pozitivní nebo alespoň neutrální vztah k přírodě bez ohledu na jejich výkon. Absenci pohlavních rozdílů lze vysvětlit charakterem vyučované látky. Toto zjištění je v souladu s Prokop et al. (2006, 2007).

### 6. 2. 3. Jednotlivé testové úlohy

Hodnocení obtížnosti jednotlivých testových úloh (dle Kalhous et al. 2002) ukázalo, že náročnost všech testů odpovídala schopnostem žáků. V souladu s Kalhous et al. (2002) mělo ve všech testech vždy více než 20% žáků alespoň částečně správnou odpověď a na druhou stranu pouze tři úlohy, a to navíc jen v posttestu 1, lze považovat za příliš snadné, jelikož v nich více než 80% žáků odpovědělo zcela správně. Navíc Kalhous et al. (2002) říkají, že z psychologického hlediska je vhodné snadnou úlohu umístit do začátku testu, což skutečně odpovídalo jedné ze snadných úloh, jelikož může přispět k uklidnění žáků a vytvoření pocitu jistoty. Výzkumný nástroj lze tedy z hlediska náročnosti považovat za vhodný pro studovanou skupinu žáků.

Ačkoliv z krátkodobého hlediska je výuka v terénu přibližně stejně efektivní jako klasická výuka, přesto na některé úlohy odpovídali žáci z experimentální skupiny lépe. Celkově lze říci, že žáci vyučovaní na exkurzi odpovídali lépe na ty úlohy, jejichž podstatu mohli v terénu skutečně pozorovat, vyzkoušet či ověřit si jejich platnost terénním měřením nebo prostě je bylo možné v terénu lépe vysvětlit a názorně ukázat, což se projevilo jak v posttestu 1, tak posttestu 2. Pouze v případě jedné úlohy odpovídali lépe žáci kontrolní skupiny, což je naopak dané tím, že tato látka byla doplněna nákresem na tabuli a popisem. Z toho tedy plyne, že pokud měli žáci možnost určitou látku hlouběji pochopit a porozumět jí, dosáhli také lepších výsledků. Ve shodě s tímto zjištěním Čížková et Bednářová (2005) uvádějí, že pokud byly v jejich výzkumu úlohy v testu v přímé nebo alespoň zprostředkované vazbě na netradiční způsob procvičení a zopakování určité látky (formou pracovních listů), pak řešili žáci experimentální skupiny tyto položky s větší úspěšností, zatímco úlohy, které se nijak specificky nevztahovaly ke konkrétnímu způsobu procvičení, byly zodpovězeny s přibližně stejnou úspěšností jak u žáků experimentální, tak i kontrolní skupiny.

Úspěšnost žáků v některých úlohách závisela také na známkách a zájmu o biologii. Žáci s lepší známkou na vysvědčení a/nebo se zájmem o biologii dosahovali lepších výsledků v náročnějších úlohách, a to buď takových, k jejichž zodpovězení je nutná vyšší míra zapamatování vyučované látky nebo v úlohách založených na komplexnější představě žáků o fungování jednotlivých ekosystémů. Rozdíl mezi městem a venkovem nebo pohlavím žáků neukazuje žádný specifický trend, ačkoliv drobné rozdíly jsou také patrné.

#### 6. 2. 4. Dotazník

Výpovědi žáků týkající se toho, za jakých podmínek se jim lépe učí, ukazují, že i přes tolik v současné době propagované netradiční formy a metody vyučování, dávají žáci stále přednost klasickému způsobu výuky. Zcela jednoznačně z vyučovacích forem převládá výklad, a to často v kombinaci s možností dělat si poznámky do sešitu podle zápisu na tabuli, což pravděpodobně souvisí s tím, že takovýto způsob výuky klade na žáky jen malé požadavky a současně od nich vyžaduje jen minimální množství aktivity. Proto také žáci, kteří mají o biologii a přírodu zájem, upřednostňují aktivnější formy vyučování – významná je u nich kombinace výkladu a řízeného rozhovoru, a zejména také vytváření vlastních poznámek při výuce – chtějí se zkrátka dozvědět více informací než ostatní žáci, kteří o biologii zájem nemají. Významný rozdíl se projevil také ve způsobu předkládání nové látky v závislosti na pohlaví. Dívky totiž projevují tendenci si látku lépe utřídit tím, že ji vidí před sebou napsanou, tedy upřednostňují zejména výklad a používání statické prezentace, zatímco chlapci mají raději, když určité zákonitosti mohou přímo pozorovat, a to buď prostřednictvím nějakého výukového filmu nebo ve skutečnosti.

Poměrně oblíbená je u žáků také exkurze do přírody, což může souviset jednak s tím, že žáci dávají přednost obecnému vysvětlení nové látky s uvedením konkrétních příkladů, což lze dobře realizovat právě na exkurzi, a také s tím, že novým pojmům a zákonitostem nejlépe porozumí a nejdéle je uchovají v paměti, pokud si je mohou prakticky vyzkoušet a ověřit právě v přírodě. Navíc většina žáků dává přednost doplnění výuky živou přírodninou a to nejčastěji jak ve škole, tak také v přírodě.

Z odpovědí žáků na otázku, zda je pro ně více přínosné učit se ve škole nebo v terénu vyplynulo, že většina z nich považuje za nejvíce efektivní, pokud mohou získat určité informace již při výuce ve škole a poté si nově získané vědomosti mohou upevnit, rozšířit a ověřit na exkurzi v přírodě. Toto zjištění je v souladu s prací Orion et Hofstein (1994), kteří prokázali, že pokud se žáci na exkurzi předem dobře připraví ve škole a to zejména také po stránce kognitivní, je pro ně samotná exkurze mnohem více přínosná než pro žáky bez této přípravy. Příprava tak může pomoci žákům se plně aktivně zapojit do terénní výuky a překonat mnohé nesnáze pocházející z neznalosti žáků, jakož i získat lepší prožitek z vlastní exkurze a pobytu v přírodě.



Na základě experimentálních zjištění týkajících se efektivity výuky v terénu a to jak z krátkodobého, tak i z dlouhodobého hlediska, a po propojení s výpověďmi žáků o jejich názorech na prostředí a podmínky, za kterých se jim lépe učí, lze jednoznačně doporučit zařazování terénní výuky ve školní praxi. I přesto, že ne vždy je terénní výuka z hlediska dosažených znalostí více efektivní než klasická výuka, získají žáci na exkurzi v přírodě i řadu praktických zkušeností – práce s určovací literaturou (klíče, atlasy), lepší komunikační schopnosti žáků díky práci ve skupinách i zvýšení jejich samostatnosti a nezávislosti – což je v souladu s požadavky Rámcového vzdělávacího programu (VÚP Praha 2006) a přispívá to k rozvoji klíčových kompetencí žáků. Jako ideální řešení by proto bylo kombinovat výuku ve škole, která by mimo jiné obsahovala také optimální přípravu žáků na exkurzi (Orion et Hofstein 1994), s vlastní terénní výukou.

### **6. 3. Možná aplikace v praxi**

Všechny materiály, jež byly zpracovány jako podklady pro experimentální část této práce je samozřejmě možné využít ve školní praxi, jakož i pro realizaci různých výukových kurzů a programů ve spolupráci se Správou CHKO Křivoklátsko. Pracovní listy (příloha 2) s náměty na různé aktivity žáků, jakož i vlastní příprava na výuku v terénu pro učitele či vedoucího kurzu (příloha 1 a přípravný text v příloze 6) lze použít pro realizaci exkurze na naučnou stezku Brdatka. Význam pro učitele biologie však mohou mít také vlastní přípravy na klasicky vedenou výuku ve škole (příloha 1), jelikož ekosystémové pojetí výuky ekologie se ukázalo být více přijatelné a přitažlivé pro žáky než pouhé výčty ekologických pojmů a zákonitostí, což bývá poměrně časté právě při výuce ekologie na školách. Žáci si navíc prostřednictvím obrázků jednotlivých ekosystémů a jejich složek, jež jsou součástí přiložených prezentací, mohou lépe představit jednotlivé souvislosti. Také navržené testy (příloha 4) je možné využít k písemnému zkoušení žáků či samostatnému ověřování jejich vědomostí.

## 7. Závěr

V důsledku výuky v terénu (na exkurzi) i klasické výuky ve škole došlo k významnému zlepšení znalostí žáků o ekosystémech (například obrázek 8) a tyto znalosti žáků zůstaly uchovány jen s relativně malou, avšak statisticky významnou, mírou zapomínání u obou skupin i po pěti měsících po výuce. Srovnání krátkodobé i dlouhodobé efektivity těchto dvou různých způsobů výuky – tedy výuky v terénu a klasické výuky ve škole ukazuje, že:

- Z krátkodobého hlediska, v situacích typických pro školní praxi (tj. žákům je oznámeno, že krátce po výuce budou z probrané látky psát test – posttest 1) je výuka v terénu přibližně stejně efektivní jako klasická výuka ve škole. Přesto však žáci experimentální skupiny odpovídali lépe na některé testové úlohy, jejichž podstatu mohli v terénu skutečně pozorovat, vyzkoušet či ověřit si jejich platnost terénním měřením nebo je bylo možné v terénu lépe vysvětlit.
- Z dlouhodobého hlediska, v situacích majících vztah k praktickému životu (tj. žáci si potřebují po delší době vybavit určité znalosti bez toho, aby si látku opakovali – posttest 2) je však výuka v terénu více efektivní než klasická výuka. Žáci vyučovaní v terénu si i po pěti měsících po exkurzi pamatují více informací a tento efekt je patrný i po odfiltrování vlivu dalších důležitých faktorů (škola, známka, zájem o biologii, typ budoucí vysoké školy).
- Výkon žáků obou skupin závisí v posttestu 1 na jejich známce na vysvědčení, jelikož byl tento test žákům předem oznámen. Výsledky posttestu 2 jsou však na známce nezávislé (čistý vliv).
- Nejlepších výsledků v posttestu 1 i posttestu 2 dosáhli žáci se zájmem o biologii a o studium na přírodovědně zaměřených vysokých školách. Také technicky zaměřeni žáci dosahovali v obou posttestech dobrých výsledků.
- Vliv místa bydliště na výkon žáků není příliš významný. Částečně lepších výsledků v posttestu 1 dosáhli žáci žijící na venkově, avšak v případě posttestu 2 není rozdíl patrný.
- Předpoklad, že lepších výsledků v posttestu 1 i posttestu 2 budou dosahovat žáci, kteří uvedli, že pro ně byl realizovaný způsob výuky (exkurze nebo klasická výuka) více přínosný než druhá možnost, se prokázat nepodařilo, jelikož většina žáků dává přednost jak výuce ve škole, tak v terénu zároveň.

- I přes rychlý rozvoj a zařazování netradičních forem a metod do vyučování, dávají žáci stále přednost klasickému způsobu výuky a to zejména ve formě výkladu. Poměrně oblíbené jsou však u žáků také exkurze do přírody.
- Na základě zjištěných výsledků lze jednoznačně doporučit zařazování terénní výuky ve školní praxi, jelikož kromě znalostí pomáhají rozvíjet i různé praktické schopnosti a dovednosti žáků. Ideální je tedy vhodně propojit klasickou výuku ve škole s výukou v terénu.



**Obrázek 8:** Ekosystém zakrslá doubrava.

## Seznam literatury

- Altmann A. (1972): Organizační formy ve výuce biologii: Kapitoly z didaktiky biologie. SPN Praha.
- Armstrong H. G. (2005): Environmental education in Tobago's primary schools: a case study of coral reef education. *Revista de Biologia Tropical* 53: 229–238.
- Bogner F. X. (1998): The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspective. *The Journal of Environmental Education* 29: 17–29.
- Bogner F. X. (1999): Empirical evaluation of an educational conservation programme introduced in Swiss secondary schools. *International Journal of Science Education* 21: 1169–1185.
- Bogner F. X. (2002): The influence of a residential outdoor education programme to pupil's environmental perception. *European Journal of Psychology of Education* 17: 19–34.
- Čáp J. (1993): Psychologie výchovy a vyučování. Univerzita Karlova, Karolinum. Praha. ISBN 80-7066-534-3.
- Čepický J. (2004): Mapa lesních typů přírodní rezervace Brdatka. Diplomová práce. Ms. Depon. in Fakulta lesnická a environmentální, Česká zemědělská univerzita. Praha.
- Čížková V., Bohuslávková P., Havelková G., Jiříčková H., Martanová S., Kůlová A. (2003): Cvičební úlohy z biologie pro základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií. Nakladatelství Olomouc. ISBN 80-7182-164-0.
- Čížková V., Bednářová Z. (2005): Osvojování biologických poznatků a jeho hodnocení. In Matejovičová, B., Sandanusová, A. (ed.): Metodologické aspekty a výskum v oblasti didaktik přírodovedných, poľnohospodárskych a príbuzných odborov. Nitra: FPV UKF. *Prírodovedec* 171: 85–91. ISBN 80-8050-848-8.
- Demek J., Balatka B., Sládek J., Loučková J. (1965): Geomorfologie Českých zemí. Praha.
- DiEnno C. M., Hilton S. C. (2005): High School Students' Knowledge, Attitudes, and Levels of Enjoyment of an Environmental Education Unit on Nonnative Plants. *Journal of Environmental Education* 37: 13–25.
- Dillon J., Rickinson M., Teamey K., Morris M., Choi M. Y., Sanders D., Benefield P. (2006): The value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. *School Science Review* 87: 107–111.

- Eshach H. (2007): Bringing In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology* 16: 171–190.
- Felder R. M., Felder G. N., Dietz E. J. (1998): A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. V. Comparisons with Traditionally-Taught Students. *Journal of Engineering Education* 87: 469–480.
- Gerstmeier R. (2004): Kapesní atlas Hmyz. Slovart. Bratislava.
- Gibson H. L., Chase C. (2002): Longitudinal Impact of an Inquiry-Based Science Program on Middle School Students' Attitudes Toward Science. *Science Education* 86: 693–705.
- Goodnough K. (2006): Enhancing pedagogical content knowledge through self-study: an exploration of problem-based learning. *Teaching in Higher Education* 3: 301–318.
- Haynes C., Pieper J. C., Trexler C. (2005): A comparison of previsits for youth field trips to public gardens. *Horttechnology* 15: 458–462.
- Hintze J. (2004): NCSS and PASS. Number Cruncher Statistical Systems. Kaysville. Utah.
- Hůla P., Štěpánek P. (1996): Biosférická rezervace Křivoklátsko. Empora. Praha.
- Kalhous Z., Obst O. (eds.) (2002): Školní didaktika. Portál. Praha. ISBN 80-7178-253-X.
- Killermann W. (1998): Research into biology teaching methods. *Journal of Biological Education* 33: 4–9.
- Kinchin I. M. (2003): Effective teacher ↔ student dialogue: a model from biological education. *Journal of Biological Education* 37: 110–113.
- Klub českých turistů (1999): Křivoklátsko a Rakovnicko. Turistická mapa 1: 50 000. Praha.
- Knox K. L., Moynihan J. A., Markowitz D. G. (2003): Evaluation of Short-Term Impact of a High School Summer Science Program on Students' Perceived Knowledge and Skills. *Journal of Science Education and Technology* 12: 471–477.
- Kolbek J. (1996): Změny vegetace po 20 letech na některých lokalitách Křivoklátska. *Příroda*, Praha 5: 85–102.
- Kolbek J., Blažková D., Břízová E., Ložek V., Rybníčková E., Rybníček K., Rydlo J. (1999): Vegetace Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko: 1. Vývoj krajiny a vegetace, vodní, pobřežní a luční společenstva. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Botanický ústav AV ČR. Praha. ISBN 80-86064-35-2.
- Kolbek J., Blažková D., Husová M., Moravec J., Neuhauslová Z., Sádlo J. (1997): Potenciální přirozená vegetace Biosférické rezervace Křivoklátsko. Academia. Praha. ISBN 80-200-0610-9.



- Kolbek J., Kučera T., Neuhauslová Z., Sádlo J., Petřík P., Pokorný P., Boublík K., Černý T., Jelínek J., Vitek O., Bílek O., Husová M., Moravec J., Brabec J., Vítková M., Härtel H. (2003): Vegetace Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko: 3. Společenstva lesů, křovin, pramenišť, balvanišť a acidofilních lemů. Academia. Praha. ISBN 80-200-1159-5.
- Kolbek J., Neuhauslová Z., Sádlo J., Dostálek J., Havlíček P., Husáková J., Kučera T., Kropáč Z., Lecjaksová S. (2001): Vegetace Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko: 2. Společenstva skal, strání, sutí primitivních půd, vřesovišť, termofilních lemů a synantropní vegetace. Academia. Praha. ISBN 80-200-0941-8.
- Králíček I., Bílek M. (2008): Exkurze jako stěžejní organizační forma výuky v muzejní didaktice. Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec Králové.
- Kubíková J. (1999): Ekologie vegetace střední Evropy, Díl 1. Univerzita Karlova, Karolinum. Praha.
- Kučera T. (1999): Reliktní bory, suťové a roklinové lesy. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. ISBN 80-86064-32-8.
- Kučera T., Mannová V. (1998): Srovnávací studie křivoklátských pleší. Sborník Západočeského Muzea. Příroda, Plzeň 97: 1–48.
- Kulič V. (1980): Některá kritéria efektivity učení a vyučování a metody jejího zjišťování. Pedagogika 30: 677–698.
- Kumar D. D., Sheerwood R. D. (2007): Effect of Problem Based Simulation on the Conceptual Understanding of Undergraduate Science Education Students. Journal of Science Education and Technology 16: 239–246.
- Leeming F. C., Dwyer W. O., Porter B. E., Cobern M. K. (1993): Outcome research in environmental education: A critical review. Journal of Environmental Education 24: 8–21.
- Leeming F. C., Porter B. E., Dwyer W. O., Cobern M. K., Oliver D. P. (1997): Effects of participation in class activities on children's environmental attitudes and knowledge. Journal of Environmental Education 28: 33–42.
- Linhart J. (1982): Základy psychologie učení. SPN Praha.
- Lisowski M., Disinger J. F. (1991): The effect of field-based instruction on student understandings of ecological concepts. Journal of Environmental Education 23: 19–23.
- Ložek V. (1988): Říční fenomén a přehrady. Vesmír, Praha 67: 318–326.

- Mannová V. (1994): Srovnávací studie křivoklátských pleší. Diplomová práce. Ms. Depon in Knih. Kat. Bot. PřF UK Praha.
- Manzanal R. F., Barreiro L. M. R., Jimenez M. C. (1999): Relationship between ecology fieldwork and student attitudes toward environmental protection. *Journal of research in science teaching* 36: 431–453.
- Markowitz D. G. (2004): Evaluation of the Long-Term Impact of a University High School Summer Science Program on Students' Interest and Perceived Abilities in Science. *Journal of Science Education and Technology* 13: 395–407.
- Mašek (ed.) (1997): Chráněná krajinná oblast a Biosférická rezervace Křivoklátsko: geologická a přírodovědná mapa, 1: 50 000. Český geologický ústav.
- MathSoft, Inc. (1999): S-Plus 2000 Professional Release 2. Data Analysis Products Division. MathSoft. Seattle.
- Mintzes J. J., Wandersee J. H., Novak J. D. (2001): Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education* 35: 118–124.
- Mladý F. (1990): Fytogeografický výzkum CHKO Křivoklátsko. – In: Rivola M. (ed.) (1990): Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko: 30–32. Praha.
- Orion N., Hofstein A. (1994): Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching* 31: 1097–1119.
- Özlem Ö., Ceren T., Ömer G. (2004): Facilitating Conceptual Change in Students' Understanding of Ecological Concepts. *Journal of Science Education and Technology* 13: 95–105.
- Pecha M., Molíková M., Němec J., Laňka V., Ložek V. (1982): Školní naučná stezka Křivoklát. Merkur. Praha.
- Petříček., Kolbek J. (1990): Reprezentativní síť chráněných území sociokoregionu Křivoklátská vrchovina. – In: Rivola M. (ed.) (1990): Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko: 138–159. Praha.
- Pivničková M. (1997): Stepní formace a jejich ochrana. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha.
- Predavec M. (2001): Evaluation of E-Rat, a computer-based rat dissection, in terms of student learning outcomes. *Journal of Biological Education* 35: 75–80.
- Prokop P. (2007): Neformálne prírodovedné vzdelávanie. *Acta Facultatis Paedagogicae Universitatis Tyrnaviensis, Séria B – Prírodné vedy* 10: 3–68. Trnava. ISBN 978-80-8082-152-4.

- Prokop P., Kvasničák R., Pištová Z. (2006): Neformálne vyučovanie ekológie a jeho vplyv na vedomosti a postoje žiakov. *Pedagogika* 56: 221–230.
- Prokop P., Tuncer G., Kvasničák R. (2007): Short-Term Effects of Field Programme on Students' Knowledge and Attitude Toward Biology: a Slovak Experience. *Journal of Science Education and Technology* 16: 247–255.
- Quitt E. (1971): Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica* 16. Geografický ústav ČSAV. Brno.
- Randler Ch., Bogner F. X. (2002): Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. *Journal of Biological Education* 36: 181–188.
- Randler Ch., Bogner F. X. (2006): Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education* 40: 161–165.
- Reichholf J. (1998): Pevninské vody a mokřady. *Ekologie evropských sladkých vod, luhů a bažin*. IKAR Praha. ISBN 80-7202-185-0.
- Reichholf J. (1999): Žít a přežít v přírodě. *Ekologické souvislosti*. IKAR Praha. ISBN 80-7202-397-7.
- Rychnovská M. (1985): *Ekologie lučních porostů*. Academia. Praha.
- Salmi H. (2003): Science centres as learning laboratories: experiences of Heureka, the Finnish science centre. *International Journal of Technology Management* 25: 460–476.
- Sander E., Jelemenská P., Kattmann U. (2006): Towards a better understanding of ecology. *Journal of Biological Education* 40: 119–123.
- Schaal S., Bogner F. X. (2005): Human visual perception – learning at workstations. *Journal of Biological Education* 40: 32–37.
- Skalková J. (2007): *Obecná didaktika*. Grada Publishing. Praha. ISBN 978-80-247-1821-7.
- Slavík B. (ed.) (1995): *Květena České republiky 4*. Academia. Praha.
- Stárková M., Waldhausrová J. (2004): *Geologie chráněných krajinných oblastí České republiky – Křivoklátsko*. Česká geologická služba. Praha.
- StatSoft, Inc. (2004): *STATISTICA – data analysis software system, version 7.0*.
- Sternberg R. J. (2002): *Kognitivní psychologie*. Portál. Praha. ISBN 80-7178-376-5.
- Sturm H., Bogner F. X. (2008): Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education* 30: 941–959.
- Štěpánek P., Němec D., Žabinský V. (1994): *Naučná stezka Brdatka*. Nadace Křivoklátsko. Zbečno.



- Tessier J. T. (2004): Ecological Problem-Based Learning: An Environmental consulting task. *The American Biology Teacher* 66: 477–483.
- Tomkins S., Tunnicliffe S. D. (2007): Nature tables: stimulating children's interest in natural objects. *Journal of Biological Education* 41: 150–155.
- Vesecký A. (ed.) (1961): Podnebí ČSSR. Tabulky. Praha.
- Vojta J. (ed.) (2003): Geobotanický průvodce po Čechách. (dostupné z <http://botany.natur.cuni.cz/vojta/kestazeni/pruvod.pdf> – duben 2008)
- VÚP Praha (2006): Rámcový vzdělávací program pro gymnázia.
- Ziegler V. (ed.) (2003): Ekosystémy a výchova. Sborník prací katedry biologie a ekologické výchovy Univerzity Karlovy v Praze – Pedagogické fakulty, svazek 7. Praha.
- Ziegler V. (ed.) (2004): Exkurze jako inovativní metoda výuky biologie a geologie. Využití poznatků z jejich aplikace na základních a středních školách v ekologickém vzdělávání a výchově. Acta katedry biologie a ekologické výchovy Univerzity Karlovy v Praze – Pedagogické fakulty, svazek 11. Praha. ISBN 80-7290-192-3.
- Zichová J. (2007): Plánování experimentů a predikční vícerozměrná analýza. Univerzita Karlova, Karolinum. Praha.
- Zíková M. (2005): Křivoklátsko. Olympia. Praha.
- Žoldošová K., Prokop P. (2006): Education in the Field Influences Children's Ideas and Interest toward Science. *Journal of Science Education and Technology* 15: 304–313.

### **Internetové zdroje:**

- web 1: <http://www.krivoklatsko.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=500>  
(duben 2008)
- web 2: <http://www.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=4129> (duben 2008)
- web 3: <http://www.mezistromy.cz> (duben 2008)

### **Další použité zdroje:**

Naučné panely (1–16) na trase NS Brdatka.

## **Přílohy**

**Příloha 1:** Přípravy na vyučování.

**Příloha 2:** Pracovní listy a řešení.

**Příloha 3:** Ukázka žáky vypracovaných pracovních listů.

**Příloha 4:** Zadání jednotlivých testů a jejich řešení.

**Příloha 5:** Dotazníkové položky v jednotlivých testech.

**Příloha 6:** Pomocný text pro učitele k přípravě na exkurzi.

## **Příprava 1: experimentální skupina**

### **Téma: Ekosystémy – příprava na exkurzi**

**Cíle:**

- Žáci si prověří své znalosti o přírodě a ekosystémech.
- Žáci pomocí obrázků vyjmenují různé ekosystémy, se kterými se na exkurzi mohou setkat a uvedou příklady organismů v nich žijících.
- Žáci se seznámí s úkoly, které budou na exkurzi vypracovávat.

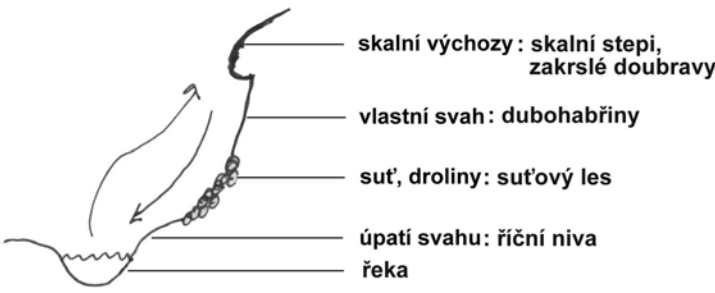
**Pojmy opěrné:** ekosystém, stanoviště, skála, les, louka

**Pojmy nově vytvářené:**

*Pojmy základní:* niva řeky, potoční olšina, lesní prameniště, dubohabřina, kyselá a zakrslá doubrava, skalní step, suťový les, vegetační pásma

*Pojmy doplňující:* názvy rostlin a živočichů

<b>Plánovaný průběh (stavba) VJ</b>	<b>Poznámky</b>
<b>Orientační opakování</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zadání testu (pretest), který ukáže, co žáci o ekosystémech vědí před vlastní výukou, test není na známky</li></ul>	15 min.
<b>Osvojování nového učiva</b> <p>Seznámení žáků s územím PR Brdatka na Křivoklátsku a jednotlivými ekosystémy: <i>Co vidíte na obrázku? Jaké typy ekosystémů a stanovišť se zde vyskytují?</i> Údolí Berounky s komplexem ekosystémů od říční nivy, přes suťové lesy, dubohabřiny až po kyselé a zakrslé doubravy. Místy vystupují také skály a skalní stepi, v údolí potoka se pak nachází potoční luh a lesní prameniště.</p> <p><i>Jaké druhy rostlin a živočichů byste na jednotlivých stanovištích očekávali?</i> - říční niva: nitrofilní druhy – bršlice kozí noha, kopřivy, rdesna a šťovíky, chřastice rákosovitá, z živočichů např. plži, motýlice, vážky, užovky - údolí potoka: druhy lesní – kopytník evropský, bažanka vytrvalá druhy vlhkomilné – mokřýš, řeřišnice hořká živočichové vázaní na vodu – žáby (skokan hnědý), konipas horský larvy hmyzu v potoce – chrostíci, jepice; měňavky, blešivec - suťový les: meruzalka, kapradiny, měsíčnice vytrvalá, pavouci - dubohabřiny: mařinka vonná, sasanka hajní - kyselá a zakrslá doubravy: jestřábník lesní, bika hajní, strakapoud, roháč - skály, skalní stepi: tařice skalní, smolnička, silenka, kapradiny, ještěrky, sarančata, pavouci</p> <p><i>Které faktory určují, že se na různých stanovištích vyskytují různé druhy?</i> množství vláhy, živin, světlo a stín, teplota, substrát (skála vs. nivní či lesní půda), poloha stanoviště (sklon a orientace), vliv člověka</p> <p><i>Byl již někdo na NS Brdatka? Co zde můžeme ještě vidět?</i> lesní louka, nepůvodní a vysázené druhy stromů, výhledy do údolí Berounky</p>	Prezentace obrázků krajiny v okolí NS Brdatka  15 min.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Popis trasy exkurze na mapě, zdůraznění jednotlivých zastávek</li></ul>	3 min. 12 min.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruktaž k exkurzi</li> <li>• Rozdělení žáků do skupin a vysvětlení některých úkolů – terénní metody (význam a tvorba fytoocenologického snímku, měření výšky stromů)</li> <li>• Osnova k prezentaci žáků, která bude následovat po exkurzi</li> <li>• <i>zápis na tabuli</i>: důležité informace týkající se exkurze (odjezd, návrat), témata pracovních skupin v terénu: Teplá a suchá stanoviště, Stanoviště ovlivněná vodou, Stanoviště ovlivněná člověkem</li> <li>• <i>nákres na tabuli</i>: vztah mezi ekosystémy v říčním údolí a na svahu (pohyb materiálu, vody, semen mezi jednotlivými ekosystémy) a sled vegetačních pásem</li> </ul> 	<p>Při popisu jednotlivých ekosystémů</p>
<p>Vyučovací metody: dialogické (hlavně diskuse), monologické, projekce (statická)  Pomůcky: test, prezentace  Didaktická technika a ostatní potřeby: dataprojektor</p>	

### Prezentace



## Příprava 2: experimentální skupina

### Exkurze – téma Ekosystémy

Cíle:

- Žáci se prakticky seznámí na trase exkurze s co největším množstvím různých ekosystémů.
- Žáci objasní hlavní principy fungování těchto ekosystémů a zhodnotí jejich význam.  
Žáci identifikují, i s pomocí určovacího klíče/atlasu, základní druhy rostlin a živočichů a přiřadí je ke správnému typu stanoviště.
- Žáci si prakticky vyzkouší a osvojí některé metody terénního sběru dat.
- Žáci prezentují ostatním spolužákům své výsledky pozorování.

Přírodopisné zaměření: komplexní – botanika, zoologie, ekologie, geologie, historické zajímavosti území

Trasa a délka exkurze: Zbečno → po zelené turistické značce proti proudu Berounky → naučná stezka Brdatka – údolí potoka Štíhlíce, přírodní rezervace Brdatka → Křivoklát

Délka trasy exkurze: 6 km

Časová dotace: 4–6 hodin

Doprava: autobusem nebo vlakem

Pomůcky a vybavení: pracovní listy, mapa, klíč/atlas k určování rostlin, živočichů, lupa, dalekohled, skleněné lékovky se zátkami, psací potřeby (případně i pastelky), smýkačka na hmyz, kompas, sklonoměr

**Pojmy opěrné:** ekosystém, stanoviště (biotop), skála, les, louka, doubrava, bučina, smrčina, horské bezlesí, fotosyntéza, sklerenchym, trichom, opylení, semenáček, vegetace, břídlíce, starohory, čtvrtohory, doba ledová

**Pojmy nově vytvářené:**

*Pojmy základní:* přizpůsobení (adaptace), regenerace, sukcese, klimax, stromové, keřové, bylinné patro, porostní klima, koloběh živin, mykorrhiza, humus, producent, fytofág, predátor, rozkladač, niva řeky, potoční olšina, lesní prameniště, dubohabřina, kyselá a zakrslá doubrava, skalní step, suťový les (lipová a habrová javorina), vegetační stupně lesa, pásma lesních typů, jarní aspekt, letní aspekt, monokultura

*Pojmy doplňující:* reliktní bory, umělá obnova lesa, blokové stádium sukcese, teplotní inverze, bulizník, sprašové hlíny, říční terasa

Jednotlivá zastavení/stanoviště	Poznámky
<b>Skály a skalní stepi</b> <i>Jaké podmínky na skalách panují?</i> <ul style="list-style-type: none"><li>- velké výkyvy teplot (den x noc, během roku)</li><li>- celoročně sucho, jedinou dostupnou vodou – srážky</li><li>- vysoké teploty povrchové vrstvy půdy i vysoký výpar vody</li><li>- v zimě nedostatek sněhového krytu – sníh z návětrných svahů vyfoukán, vegetace vystavena působení mrazu</li></ul> <i>vliv geologického podloží</i> – na skalách není vyvinuta půda (jen náznak primitivních půd ve skalních štěrbinách a teráskách) <ul style="list-style-type: none"><li>- jiná vegetace na minerálně bohatých horninách, např. vápence (Český a Moravský kras), čediče (České středohoří – Říp), a jiná na kyselých horninách, žuly, ruly, svory (Krkonoše, Šumava), bulizníky či kyselé proterozoické břídlíce</li></ul> <i>expozice a vlhkost stanoviště</i> – severně orientované (zastíněné) a vlhké skály – druhy chladnomilnější, více horské (např. puchýřník křehký) x k jihu orientované, osluněné a suché skály jsou obsazeny více teplomilnými druhy (např. sleziníky)	Pivničková (1997)  Kolbek et al. (2001)

<p><i>Jak vypadá vegetace skal a skalních stepí? Mohou zde růst stromy?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zablokováná stádia sukcese</li> <li>- porosty bylin nízké, rozvolněné, s malou pokryvností</li> <li>- semenáčky dřevin jen ojediněle a vlivem nepříznivých podmínek po dosažení určité velikosti hynou (<i>Proč?</i> nedostatek vody a živin, semenáčky působením mrazu v zimě vytahovány ven z půdy a na otevřených plochách uschnou) → sucho, mělká půda a mrazy zabraňují okolnímu lesu pronikat na otevřené plochy a zarůstají je</li> </ul> <p><i>Jak jsou dále rostliny na extrémní podmínky skal přizpůsobeny?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- životní formou, nenáročností (pionýrské druhy), schopností přichytit se na skalním povrchu (zejm. řasy a lišejníky) či proniknout do skály a aktivně ji rozrušovat</li> <li>- morfologická přizpůsobení k omezení výdeje vody: sklerenchymatické listy, které jsou často svinuté, husté trichomy (odraz světla), ponořené průduchy, sukulentní listy</li> </ul> <p><i>S jakými druhy rostlin se na kyselých skalách můžeme setkat?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sleziník severní, sleziník červený, zvonek okrouhlolistý, tařice skalní, osladič obecný, časté jsou také mechorosty a lišejníky</li> <li>- na skalních stepích pak převažují sukulentní životní formy (rozchodníky, netřesky), nebo druhy jednoleté (pomněnky, rozrazil, rožce, osívka jarní, huseníček rolní), doplněné odolnými trsnatými travami (např. kostřava ovčí, kostřava žlábkatá) a polštářovitými druhy (mateřídouška vejčitá, chmerek vytrvalý, mochna písečná)</li> </ul> <p>Živočichové – ještěrka zelená, ještěrka obecná a užovka hladká; četné druhy měkkýšů, sarančat a pavoukovců (např. stepník rudý)</p>	<p>Kučera et Mannová (1998)</p> <p>Kubíková (1999)</p> <p>Pivničková (1997)</p>
<p><b>Niva Berounky</b></p> <p><i>Co vnímáte pod pojmem niva řeky? údolní dno vzniklé usazením nivních sedimentů, které zahrnuje širokou škálu různých biotopů pro volně žijící zvířata a rostliny. Řeky v přírodním stavu (neupravené řeky) mají rozmanitou přirozenou strukturu s tůňmi, prahy, peřejemi, bočními rameny, tišinami, příbřežními bažinami a lesnatou nivní krajinou.</i></p> <p><i>Jaké jsou hlavní funkce říční nivy a proč je tedy pro stabilitu krajiny tak důležitá?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- významně zadržuje vodu v krajině – důležité při povodních, při suchu (zásoba vláhy pro okolí, vliv na jeho mikroklima – vlhčí a teplejší)</li> <li>- ukládání sedimentů na březích (nejvíce nápadné v říčních zákrutech)</li> <li>- vzniklé náplavy vychytávají živiny z řeky a ta se tak sama čistí → v říční nivě úrodná půda s velkým množstvím živin</li> <li>- funkce rekreační a estetická</li> </ul> <p><i>Jak vypadá niva Berounky? Lze ji považovat z hlediska stability krajiny za přirozenou?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- přirozený povodňový režim</li> <li>- vysoká dynamika změn – pravidelné záplavy, eroze koryta, množství živin</li> </ul> <p><i>S jakými druhy rostlin se zde můžeme setkat?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- jednoleté druhy – čeled' Merlíkovité (lebedy a merlíky), Rdesnovité (rdesna a šťovíky), Brukvovité (barborka obecná, rukev obojživelná)</li> <li>- druhy schopné rychle vegetativně regenerovat – chrastice rákosovitá, kopřiva dvoudomá</li> <li>- liánovité rostliny – opletník plotní, lilek potměchut'</li> <li>- pobřežní porosty – rychlá dynamika → snadná migrace invazních druhů (např. netýkavka žláznatá)</li> </ul> <p>Původní lužní lesy už se v údolí Berounky nevyskytují a byly nahrazeny</p>	<p>Kolbek et al. (1999)</p>

<p>psárkovými loukami – psárka luční, lipnice obecná..., četné druhy indikující vysoký obsah živin (šťovík kadeřavý, š. rozvětvený, svízel přítula)</p> <p><i>K čemu je pobřežní vegetace dobrá, když je často složena z nitrofilních, ruderalních a dalších podobných druhů?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kořeny zpevňují břeh, čímž zabraňují sesouvání půdy do řeky a tak zanášení jejího koryta</li> <li>- hnízdiště vodního ptactva a trdliště ryb, úkryt a rojení vodního hmyzu, zisk potravy mnoha živočichů</li> </ul> <p><i>Jaké druhy živočichů jsou vázány na řeku a pobřežní porosty?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Berounka – parmové rybí pásma – kapr obecný, lín obecný, jelec tloušť, okoun říční, plotice obecná, ouklej obecná nebo hrouzek obecný</li> <li>- užovka plamatá, ondatra pižmová, skorec vodní, konipas horský, z bezobratlých motýlice lesklá, četné druhy vážek a motýli vlhkých luk (modrásci bahenní, očkovani a černoskvrnní)</li> </ul>	<p>Reichholf (1998)</p> <p>Hůla et Štěpánek (1996)</p>
<p><b>Potoční luh (údolí potoka Štíhlíce)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chladné mikroklima potočního luhu</li> <li>- hlavními dřevinami – olše šedá, olše lepkavá a jasan ztepilý</li> <li>- olše – kořeny s korálkovitými nádory (hlízkami – symbiotické houby schopné poutat vzdušný dusík do formy přístupné rostlinám)</li> <li>- dostatek živin z olšového opadu, přinášený vodou</li> <li>- vlhko a specifické klima (jedná se o dno inverzního údolí) – řada vlhkomilných lesních druhů i druhů vyšších poloh: jarní aspekt, který tvoří např. orsej jarní, blatouch bahenní, sasanka hajní a s. pryskyřníkovitá, lecha jarní, plicník lékařský, jaterní podléška, ale i kyčelnice devítilistá</li> </ul> <p><i>Co je typické pro jarní aspekt?</i> rostliny vykvétají ještě před olistěním stromů a brzy na jaře prodělají celý svůj životní cyklus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- v létě – kopytník evropský, žindava evropská či ostřice třeslicovitá</li> <li>- druhy nitrofilní – bršlice kozí noha, netýkavka nedůtklivá, kakost smrdutý, kopřiva dvoudomá, lipnice hajní, válečka lesní, které můžeme nalézt i v širším okolí potoka</li> </ul> <p><i>vlastní potok – důležité životní prostředí → živočichové:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vývoj mnoha vodních larev jinak suchozemských druhů hmyzu – jepice, pošvatky, vážky, motýlice, chrostíci – dospělci suchozemští, ale celý život soustředěn v blízkosti vody</li> <li>- dospělci některých zástupců (jepice, pošvatky, chrostíci) žijí jen velice krátce, nepřijímají potravu, nakladou vajíčka a zahynou</li> <li>- jejich larvy – žijí i několik let v tekoucí vodě – živí se buď řasami (jepice) nebo dravě (vážky a pošvatky). Larvy chrostíků si staví různé schránky, které je chrání a které s růstem přistavují. Tyto schránky jsou typické pro jednotlivé druhy a mohou být z kamínků, ulitek, ze dřeva nebo kousků listů. Některé druhy si spřádají pavučinové sítě, do nichž lapají drobné vodní živočichy.</li> <li>- beruška vodní, blešivec, ploštěnky – indikují čistotu vody</li> <li>- přizpůsobení – zploštělý tvar těla → spodní strany kamenů, prostory mezi vodními rostlinami – zdroj potravy, ochrana před rybami</li> <li>- mlok skvrnitý, žáby – skokan hnědý, kuňka žlutobřichá, ropucha obecná</li> <li>- horské druhy ptáků – strízlik obecný, konipas horský</li> </ul>	<p>Kubíková (1999)</p> <p>Hůla et Štěpánek (1996)</p> <p>web 1</p>





<p><b>Lesní louka (Fořtmanská seč)</b></p> <p><i>Kdy a jakým způsobem louky v minulosti vznikaly?</i> Zakládání luk spadá do doby, kdy se člověk měnil z pastevce na zemědělce, usazoval se na jednom místě a potřeboval pro svá hospodářská zvířata dostatečné zdroje píce.</p> <p><i>Čím se liší louky od lesa?</i> → <b>TRÁVY</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- převážně druhy vytrvalé nebo víceleté, trsnaté, druhy s oddenky či hojnými výběžky, které se snadno a rychle vegetativně množí</li> <li>- dokonale přizpůsobeny častému pasení a kosení, ale i třeba záplavám či velkému suchu</li> </ul> <p><i>Jaké vlastnosti trávy mají?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- jednoděložné rostliny, jejichž obnovovací pletiva (meristémy) jsou těsně nad zemí</li> <li>- listy trav vyrůstají zespoda, kdežto listy stromů a dvouděložných bylin se rozvíjejí z pupenů – trávy nemají pupeny</li> <li>- přiměřené spásání stimuluje jejich růst → význam lesích louček, které jsou schopné uživit mnohem více např. srnčí zvěře než je tomu v lesích. Schopnost regenerace trav je totiž neobyčejně vysoká.</li> </ul> <p><i>Co dalšího odlišuje trávy od jiných rostlin?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- největší význam – kořenový systém (70% biomasy pod povrchem)</li> <li>- svazité kořeny – velmi rozvětvené a intenzivně propojené s dalšími jedinci trav, ale i s houbovými vlákny (mykorrhiza) → transport vody a živin i ze špatně dostupných míst</li> <li>- úzké, kopinaté listy – nejsou orientovány celou šíří ke světlu, ale směřují nahoru šikmo a souběžně; při silném oslunění nebo přemokření svinování listů</li> <li>- opylovány větrem, lehká semena (<i>Co je jejich plodem?</i> obilka)</li> <li>- dlouhou dobu přetrvávají v půdě v podobě „spících“ (dormantních) semen – tzv. půdní semenná banka, význam pro stabilitu a regenerační schopnost přirozených porostů</li> </ul> <p><i>Jaké jsou funkce živočichů na louce?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- opylování,</li> <li>- herbivoři – odbourávání zelené hmoty → větší produkce biomasy i její převod do dekompozice (tvorba humusu) – vliv na celý koloběh látek a tok energie ekosystémem</li> </ul> <p><i>Kde/na které části rostlin a s kterými živočichy se můžeme na louce setkat?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i na jediné rostlině žije celé společenstvo živočichů</li> <li>- fytofágové – vazba na květy (někteří se s nimi živí – různé druhy brouků, jiní je třeba opylují – blanokřídlý hmyz, motýli), na plody (ptáci, savci), listy, stonek či kořenový systém</li> <li>- predátoři (některé druhy hmyzu, liška, lasička, rejsek, krtek, ptáci) a paraziti (prvoci, hlísti, roztoči, vši, blechy)</li> <li>- dekompozitoři (žížaly, mnohonožky, někteří brouci, larvy některých much, měkkýši, mikroorganismy – bakterie, kvasinky, houby); krtci, křečci, syslové, hraboši, myši – provzdušňování půdy</li> </ul> <p><i>žížaly</i> – neobyčejný ekologický význam. <i>Jaký?</i> rozkládají v půdě mrtvou rostlinnou hmotu a fixují v těle dusíkaté látky, vytvářejí humusojílový komplex, udržují a zlepšují drobtovitou strukturu půdy, uvolňují a promíchávají půdu a posléze zlepšují provzdušnění půdy a její propustnost pro vodu</p> <p><i>mikroorganismy</i> – tzv. detrivoři neboli rozkladači – rozklad mrtvé organické hmoty na živiny a půdotvorba</p> <p><i>Dekompozice v lučních ekosystémech je mnohem rychlejší než v lese. Proč?</i> Obrovské množství biomasy, které je vyprodukováno lučními porosty,</p>	<p>Pecha et al. (1982)</p> <p>Reichholf (1999)</p>
--	--

<p>vždy na konci vegetační sezóny odumírá, jeho přeměnou vzniká humus. U stromů se naopak živiny ukládají v kmenech, a tím jsou po dlouhý čas (do doby, než strom zahyne) pro ekosystém nedostupné. Teprve když se kmen rozloží, látky se mohou vrátit do oběhu.</p> <p><i>Za jakých podmínek se mohou v přírodě louky udržet?</i> nutné, aby např. člověk vkládal neustále energii k jejich udržení, v podobě sečení či pastvy. Z hlediska sukcese tak louky představují blokované stádium – mohou se zde udržet i méně konkurenceschopné druhy, které tvoří velice pestré luční společenstvo. Když jsou však louky příliš hnojeny, dochází k jejich znehodnocení (např. zarůstají nitrofilními druhy).</p> <p><i>Co se však stane, pokud se člověk o louku přestane starat?</i> Postupnou sukcesí → les <i>Forťmanská seč</i> do roku 1966 – zde i např. prstnatec májový → intenzivním vápněním → úhyn mnoha původních druhů <i>Rostliny</i>: ovsík vyvýšený, psárka luční, srha říznačka, medyněk vlnatý, z bylin pak chrastavec rolní, zvonek rozkladitý, popenec břečťanolistý, řebříček obecný</p>	<p>Reichholf (1999)</p> <p>Pecha et al. (1982)</p>
<p><b>Hospodaření v lese a jeho obnova, nepůvodní druhy</b> <i>Jak probíhá umělá obnova lesa?</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. vykácení - maloplošná holoseč (→ menší paseky – světlomilné dřeviny – borovice, modřín, dub → stejnověký jednovrstevný porost) – clonná seč (obnova pod ochranou původního lesa prosvětleného těžbou → dvouvrstevný porost blízký přirozenému)</li> <li>2. vysazení semenáčků vypěstovaných v lesních školkách</li> <li>3. mechanické nebo chemické odstranění nežádoucích jedinců – urychluje přirozené prořezávání a vytvoření dospělého lesa</li> </ol> <p>Druhová skladba lesa musí odpovídat stanovištním podmínkám.</p>	<p>Vojta (2003)</p>
<p><b>V přirozeném lese</b> si obnovu lesa řídí příroda sama. <i>Jakým způsobem?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stromy pravidelně plodí a semena jsou roznášena po lese → do příhodných podmínek – vyklíčí nebo se uloží do půdní semenné banky</li> <li>- příliš velká konkurence okolních dospělých stromů – jen minimum semenáčků přežije</li> <li>- <i>Jak se tedy může les přirozeně obnovit?</i> Stačí malá světlina v porostu, vzniklá uschnutím nebo vyvrácením starého stromu, která se rychle zaplní náletem nejružnějších dřevin. Zvítězí druhy, kterým nejlépe vyhovuje dané stanoviště, a z nich nejlepší a nejsilnější jedinci dorostou až do dospělosti.</li> </ul>	<p>Pecha et al. (1982)</p>
<p><i>Umělá obnova – často monokultury a nepůvodní druhy. Jaké to má nevýhody?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vysazovány druhy (např. smrk) přirozeně rostoucí v naprosto jiných podmínkách → nedaří se jim, napadány škůdci (bekyně mniška, kůrovec), hnilobou či dalšími chorobami</li> <li>- <i>Proč ale nejsou stejně napadány i přirozené lesy?</i> složené ze stromů velice různého stáří i kvality, přednostně jsou proto napadáni jedinci staří a nemocní, a díky tomu také často nedochází k přemnožení škůdců</li> <li>- např. smrk sám mění podmínky na stanovišti, akát negativně ovlivňuje podrost</li> </ul> <p>Nepůvodní druhy dřevin v našich lesích:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- trnovník akát (kořeny vylučují do půdy toxické látky)</li> <li>- borovice černá, douglaska tisolistá, modřín opadavý</li> </ul> <p>Nepůvodní druhy živočichů na Křivoklátsku: muflon, daněk skvrnitý</p>	<p>Kolbek et al. (2003)</p>

<p><b>Les</b></p> <p><i>Jak se les liší od jiných ekosystémů a co je pro něj typické?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- hlavní dominantou – <b>stromy</b> → struktura lesa (patra)</li> <li>- vyskytují se na místech s „dostatkem“ živin, proto soutěží s ostatními jedinci hlavně o zdroj světla</li> </ul> <p><i>Co stromy dělají proto, aby obstály?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- musí být dostatečně vysoké, aby přerostly své konkurenty a získaly tak dostatek světla pro svoji fotosyntézu a tedy další růst</li> </ul> <p><i>Čím je jejich vyzdvižení do vyšších pater umožněno?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vytrvalá pletiva, která tvoří jejich kmeny a větve</li> </ul> <p><i>Dalším problémem je vedení vody do vrcholových částí koruny. Čím je zajištěno?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- transpirační proud ve vodivých pletivech (cévy a cévice), která jsou poměrně úzká a díky tomu je voda vytlačena dostatečně vysoko</li> <li>Problém však může nastat v zimě, při mrazu.</li> </ul> <p><i>Jaké dva typy korun mohou mít stromy? stinné a slunné</i></p> <p><i>Čím se liší a jak ovlivňují organismy v podrostu?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stinné koruny – buk, jedle, tis – přílišné zastínění přizemní rostlinné i živočišné složky</li> <li>- slunné koruny – modřín, borovice, bříza – poměrně řídká → na zem hodně světla, výskyt i světlomilných organismů</li> </ul> <p><i>Jak je to s kvetením a produkcí semen u stromů?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- obojí je energeticky náročný pochod</li> </ul> <p><i>Jak se liší semena např. dubu a borovice?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- např. dub, buk – produkují velká semena s vysokým obsahem škrobu, proto také vytvoření těchto zásob trvá dospělému stromu několik let. Jejich semenáčky musí totiž obstát silné konkurenci s ostatními jedinci a vyhrávají pouze nejsilnější z nich. Výhodou je tedy rychlý růst ze svých zásob.</li> <li>- např. borovice, bříza – produkují velké množství malých semen každý rok → alespoň některé z nich vyklíčí a dají vznik dospělému stromu. Podstatné je tedy, aby jejich semen bylo hodně.</li> </ul> <p><i>Nezbytné je také opylení. Jakým způsobem je uskutečňováno u stromů v lese?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- větrem – fouká v jejich korunách</li> <li>- hmyzem – nižší stromy a keře – proniká k nim jen málo větru → lákají hmyz např. svými vonnými květy (lípa, javor, hloh, svida)</li> </ul> <p><i>A jakým způsobem jsou pak šířena jejich semena?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- živočichy (ptáky, přichycením na lesní zvěř, ale i mravenci)</li> <li>- větrem</li> </ul> <p><i>Keřové a bylinné patro se v lesích vyvíjí ve zcela jiných podmínkách než je tomu v nelesní krajině. Proč?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stromy → <b>porostní klima</b> → stabilnější podmínky, ale i značné extrémy</li> </ul> <p><i>Jaké podmínky zde tedy panují?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- specifické světelné podmínky – prudké změny osvětlení (stěhují se sluneční skvrny) → <i>Proč tedy některé druhy vykvétají brzy na jaře a pak zaniknou a objeví se až příští jaro?</i> stromy ještě nemají listy a je zde více světla (např. sasanka hajní, jaterník podléška)</li> <li>- menší rozdíly teplot mezi dnem a nocí i v průběhu roku</li> <li>- asi 30% srážek zachyceno v korunách stromů – do bylinného patra se tak dostává méně vody (ale je zde i menší odpar)</li> </ul> <p><i>Kořenové patro – pro koloběh živin v lese – nepostradatelný význam spojení kořenů vyšších rostlin (dřevin i bylin) s houbovými vlákny, tzv. <b>mykorrhiza</b>, která zprostředkovává čerpání živin i z větších hloubek a hůře dostupných míst</i></p>	<p>Kubíková (1999)</p>
--	----------------------------

<p><i>Pod lesem se také vytváří jiné půdy – střeoevropská hnědozem</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dostatečné a stabilní množství vody</li> <li>- vytváří se zde různé formy <b>humusu</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- na povrchu – surový humus – převážně opad</li> <li>- vrstva s částečně natrávenými listy různými houbami, chvostoskoky, bezkřídlými brouky apod.</li> <li>- nejúrodnější forma humusu – dokonale zpracováno žížalami → nelze rozlišit jednotlivé částechy.</li> </ul> </li> <li>- při tvorbě humusu – nepostradatelná role půdní mikroflóry a edafonu</li> </ul> <p>Les v přirozeném stavu = <b>vyvážený ekosystém</b> → vhodné prostředí a výživa pro velké množství živočichů na různém stupni potravního řetězce</p> <p><i>Jmenujte z hlediska potravních vztahů, jaké typy/druhy živočichů jsou vázány na stromy a les obecně?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velké množství fytofágů: mšice, brouci, motýli, divoké včely apod. (např. na dubu žije přes 1000 druhů bezobratlých), přesto nedojde ke škodám → početnost fytofágů regulována</li> <li>- predátoři: lumci, lumčíci, vosy, mouchy, pavouci, mravenci, střevlíci, slunéčka, ale i ježci, rejsci a ptáci</li> <li>- nezbytné jsou také půdní organismy – detritická část potravního řetězce</li> </ul> <p>Velkým problémem je v současné době v Evropě přebytek vysoké zvěře, jelení a srnčí, a také divokých prasat.</p> <p><i>Čím je to způsobeno?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chybí jejich predátoři – velké šelmy</li> <li>- podporováno lesníky – v zimě zvěř přikrmují → nejsou z přírody odstranění slabí jedinci</li> </ul> <p><i>Čím zvěř lesu škodí?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- žerou semenáčky různých stromů → brání jejich přirozené obnově (stavba oplocenek, odpuzující nátěry stromků)</li> <li>- selekční vliv na lesní byliny – s oblibou konzumují borůvky, lilii zlatohlavou, orchideje, kapradiny a některým jiným bylinám se naopak vyhýbají, např. třtině křovištní, kopřivě dvoudomé</li> <li>- poškozují i starší stromy při vytloukání paroží a loupání kůry v zimě</li> </ul> <p><b>Vegetační stupně lesa</b> – v závislosti na nadmořské výšce</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- doubravy – dubohabřiny – bučiny – horské smrčiny – kosodřeviny – horské bezlesí</li> <li>- střední Čechy – nejčastěji dubohabřiny – <i>Jsou opravdu ale na všech stanovištích?</i> ne → <b>několik typů lesa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kromě nadmořské výšky se zde silně uplatňuje vliv stanovištních podmínek (tvar reliéfu, sklon a orientace svahu, množství srážek, hloubka půdy) a s tím spojeného mikroklimatu</li> </ul> </li> </ul> <p>→ <b>pásma lesních typů</b> – liší v závislosti na poloze na svahu nad Berounkou:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lipové a habrové javořiny <ul style="list-style-type: none"> <li>- na sutích, na dně údolí</li> </ul> </li> <li>- dubohabřiny <ul style="list-style-type: none"> <li>- ve středních polohách svahu</li> </ul> </li> <li>- kyselá doubrava až zakrslá doubrava <ul style="list-style-type: none"> <li>- vrcholové části strmých jižních svahů, velmi teplé a suché</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Kyselá doubrava</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vrcholové polohy a horní části výslunných svahů</li> <li>- hlubší vysychavé hnědozemě</li> <li>- převládající dřevina – dub zimní s příměsí borovice lesní, buk, habr</li> </ul>	<p>Kolbek et al. (2003)</p>
--	-----------------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>- byliny – lipnice hajní, třtina rákosovitá, kostřava ovčí, mařinka vonná, pstroček dvoulistý, bika hajní</li> <li>- živočichové – různé druhy brouků vázané na dřeviny (zdroj potravy), šplhavci – strakapoud velký, žluna šedá nebo datel černý</li> </ul> <p><b>Zakrslá doubrava</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- komplex společenstev na extrémně suchých a teplých stanovištích na skalnatých a kamenitých svazích jižně a jihozápadně orientovaných</li> <li>- vyšší sklon a relativně mělké skeletovité půdy</li> <li>- dřeviny – nízké a pokroucené („zakrslé“, „křivoles“) → velmi rozvolněné porosty, místy dokonce nahrazené křovinami či travinobylinnými společenstvy</li> <li>- dominantní dřeviny – dub zimní, habr a borovice, vzácněji teplomilné druhy jeřáb břek a muk</li> <li>- byliny – světlomilné, snášející sucho (xerofyty) a kyselý podklad (acidofyty) – tolita lékařská, lipnice hajní, kostřava ovčí, válečka prapořitá, pavinec horský, jestřábník chlupáček, smolníčka obecná, bělozářka liliovitá či vřes obecný</li> <li>- tzv. <i>reliktní bory</i> – původní porosty borovice lesní na skalních výchozech <ul style="list-style-type: none"> <li>- borovice je druh značně světlomilný, ale jinak široce tolerantní k podmínkám prostředí, a proto byl zatlačen ostatními dřevinami na extrémní stanoviště, kde původní porosty mohou přežívat v izolovaných ostrůvcích</li> <li>- metlička křivolaká, jestřábník chocholičnatý, kociánek dvoudomý, vřes obecný, četné lišejníky zejm. rodu <i>Cladonia</i>.</li> </ul> </li> <li>- živočichové: mravkolev, užovka hladká, ještěrka obecná, kuna skalní, výr velký, šoupálek krátkoprstý, šplhavci. Z bezobratlých představují významný podíl druhy vyhledávající stárnoucí stromy a odumírající dřevo, např. roháč obecný.</li> </ul> <p><b>Lipová a habrová javořina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- na suťových půdách obohacených vláhou a dobře se rozkládajícím humusem</li> <li>- zastíněné severní svahy a spodní části hlubších údolí</li> </ul> <p><i>Jaké jsou vlastnosti suťových lesů?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dostatek živin, které jednak splavuje potok a jednak jsou vymývány z vyšších částí svahu → rychlý růst</li> <li>- velice nestabilní prostředí – narušování zejm. sesuvem substrátu (skeletovité půdy a kameny)</li> </ul> <p><i>Jakým způsobem jsou tedy rostliny na tato stanoviště přizpůsobeny?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velká a těžká semena, s krátkou dobu klíčivosti, ale rychle klíčící</li> <li>- stromy a keře často poškozeny – velká schopnost regenerace, schopny produkovat náhradní větve, zmlazovat z kmínků (vznikají tak vícekmenní jedinci – např. lípa)</li> </ul> <p><i>Jaký je význam těchto lesů, když dřevo stromů není příliš kvalitní pro své poškození během růstu?</i> protierozní a půdoochranná funkce</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- hlavní dřeviny: jasan ztepilý, jilm horský, javor klen, javor mléč, lípa velkolistá, lípa srdčitá, habr obecný, angrešt, bez černý a bez hroznatý, růže alpská, byliny – kapradiny (různé druhy kaprad'ů, papratka samičí), nitrofilní druhy (bažanka vytrvalá, česnáček lékařský, kakost smrdutý, kopřiva dvoudomá a vlaštovičník větší). Dobře vyvinutý jarní aspekt s četnými druhy s podzemními oddenky a cibulemi – dymnivka dutá, křivatec žlutý, sasanka pryskyřníkovitá.</li> <li>- humusová vrstva – bohatá na půdní zooedafon – žížaly a členovci</li> </ul>	<p>Kolbek et al. (2003)</p> <p>Kučera (1999)</p> <p>Kubíková (1999)</p> <p>Kolbek et al. (2003)</p>
---	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>- půdy jsou bohaté dusíkem díky značnému provzdušnění sutí a aktivitě dusíkatých bakterií</li> <li>- živočichové: zástupci měkkýšů, pavouků a hmyzu</li> </ul>	<p>Kučera (1999)</p>
<p><b>Habrová doubrava</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ve středních polohách svahu, na vysychavých půdách</li> <li>- středně náročné teplomilné a hájové druhy – ptačinec velkokvětý, lipnice hajní</li> <li>- dřeviny – dub, habr, zimolez, líska, svída, ptačí zob</li> </ul>	<p>Kolbek et al. (2003)</p>
<p><b>Panorama krajiny</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- popis krajiny</li> <li>- zahlubování říčního toku ve čtvrtohorách → tři říční terasy: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pohořelecká terasa – spodní pleistocén, mocnost až 15 m – dnes Újezd nad Zbečnem</li> <li>- blíže k řece – mladší terasové stupně (ze středního pleistocénu), 10 a 20 m nad hladinou řeky.</li> </ul> </li> </ul> <p><i>Proč a jakým způsobem došlo ve čtvrtohorách k utváření říčních teras? naše území bylo mimo dosah činnosti kontinentálního ledovce, avšak pod jeho vlivem → opakovaný postup a ústup ledovce – zánik a obnovení vegetačního krytu, u vodních toků střídání eroze a akumulace → postupné zahlubování a meandrování toku a vznik říčních teras (mocnost proto odpovídá jejich stáří)</i></p>	<p>Mašek (1997)</p>

## Příprava 3: experimentální skupina

### Téma: Shrnutí exkurze

Cíle:

- Žáci prezentují výsledky svého terénního pozorování ostatním spolužákům.
- Žáci diskutují o jednotlivých tématech a získaných výsledcích.
- Žáci shrnou vlastními slovy nejdůležitější poznatky o ekosystémech.

**Pojmy opěrné:** ekosystém, stanoviště, skála, niva řeky, potoční olšina, lesní prameniště, louka, dubohabřina, kyselá a zakrslá doubrava, skalní step, suťový les, vegetační stupně lesa, pásma lesních typů, sukcese, koloběh živin, mykorrhiza

Plánovaný průběh (stavba) VJ	Poznámky
<b>Shrnutí exkurze</b> - 3 skupiny ekosystémů: suchá a teplá stanoviště, stanoviště ovlivněná vodou a stanoviště ovlivněná člověkem	2 min.
<b>Prezentace žáků</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 skupiny podle 3 typů stanovišť</li> <li>• charakteristika a vlastnosti stanovišť (poloha, orientace, sklon, vzhled), funkce ekosystému jako celku, zvláštnosti a zajímavosti, příklady typických rostlin a živočichů a jejich přizpůsobení na konkrétní stanoviště</li> <li>• diskuse: ostatní žáci by měli klást otázky</li> <li>• závěr: zhodnocení prezentací</li> </ul>	25 min.
<b>Kontrola pracovních listů</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• skupinová práce – žáci dostanou autorské řešení</li> <li>• každá skupina sdělí ostatním spolužákům nejdůležitější poznatky o ekosystémech, které ještě nebyly řečeny</li> </ul>	5–7 min.
<b>Závěrečné shrnutí a opakování</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysvětlíte co jsou vegetační stupně lesa a co jsou pásma lesních typů a uveďte příklady.</li> <li>• Co je ekosystém, společenstvo, populace, biotop?</li> <li>• Jak jsou rostliny v lese opylovány? A jakým způsobem a na jakou vzdálenost jsou šířena jejich semena? + příklady</li> <li>• Na co je niva řeky přizpůsobená a co jí naopak škodí?</li> <li>• Co jsou to invazní rostliny, kde se nejrychleji šíří? + příklady</li> <li>• Proč v listnatém lese vykvétá hodně bylin brzy na jaře? + příklady</li> <li>• Kterí živočichové žijí v čistých vodách potoků? Jsou to jen dospělci nebo zde žijí jen některá vývojová stádia – jaká?</li> <li>• Jaký mají význam?</li> <li>• Jaké faktory určují výskyt rostlinných druhů na skalách?</li> <li>• Jak jsou rostliny přizpůsobeny na extrémní suché podmínky?</li> <li>• Proč je na skalách a prudkých svazích omezen růst stromů?</li> <li>• S jakými druhy stromů se nejčastěji setkáme v zakrslé doubravě? Jaký mají význam lesní loučky?</li> <li>• Jaký vliv má zvěř na les? Jaké jsou jejich početní stavy v současné době?</li> </ul>	10 min.
Vyučovací metody: prezentace žáků, skupinová práce, diskuse	

# Příprava 1: kontrolní skupina

## Téma: Ekosystémy – les

Cíle:

- Žáci si prověří své znalosti o přírodě a ekosystémech.
- Žáci popíší strukturu lesa a objasní, čím se les liší od jiných ekosystémů a co je pro něj typické.
- Žáci zdůvodní, proč v lese rostou jiné druhy/typy bylin než v bezlesí.
- Žáci uvedou příklady lesních rostlin a živočichů.

**Pojmy opěrné:** ekosystém, fotosyntéza, vytrvalá pletiva, transpirační proud, vodivá pletiva, kambium, opylení, semena, semenáčky

**Pojmy nově vytvářené:**

*Pojmy základní:* sukcese, klimax, stromové, keřové, bylinné patro, konkurence, porostní klima, koloběh živin, mykorrhiza, humus, producent, fytofág, predátor, detritofág

*Pojmy doplňující:* hnědozem, biodiverzita

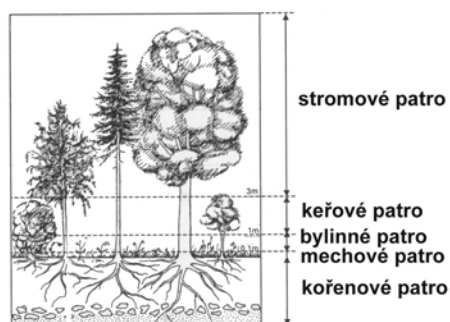
Plánovaný průběh (stavba) VJ	Poznámky
<b>Orientační opakování</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zadání testu (pretest), který ukáže, co žáci o ekosystémech vědí před vlastní výukou, test není na známky</li> </ul>	15 min.
<b>Motivace na úvod</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentace obrázků krajiny v okolí NS Brdatka na Křivoklátsku – ukázka jednotlivých ekosystémů, které budou probírány.</li> <li>• <i>Co vidíte na obrázku? Jaké typy ekosystémů a stanovišť se zde vyskytují?</i> Údolí Berounky s komplexem ekosystémů od říční nivy, přes suťové lesy, dubohabřiny až po kyselé a zakrslé doubravy. Místy vystupují také skály a skalní stepi, v údolí potoka se pak nachází potoční luh a lesní prameniště.</li> <li>• <i>Jaké druhy rostlin a živočichů byste očekávali v lesích? Bude se jejich výskyt nějak lišit podle polohy lesa na svahu?</i> - suťový les - meruzalka, kapradiny, měsíčnice vytrvalá, pavouci - dubohabřiny - mařinka vonná, sasanka hajní - kyselé a zakrslé doubravy – jestřábník lesní, bika hajní, strakapoud, roháč</li> </ul>	Prezentace obrázků  5 min.
<b>Osvojování nového učiva</b> <b>Les</b> = klimaxový ekosystém v středoevropských podmínkách <i>Co to znamená? Víte, co je sukcese?</i> Když necháme přírodu po delší dobu přirozenému vývoji, většina našeho území zaroste lesem. Les tedy představuje konečné stádium sukcese, do něhož by dospěly téměř všechny i člověkem vytvořené a udržované ekosystémy. <i>Proč je to ale zrovna les?</i> Protože se nacházíme v mírném pásmu s příznivým klimatickým režimem (zejm. vhodná kombinace teplot a srážek) podporující právě rozvoj lesa. <i>Může les zarůst úplně všechna stanoviště a proč ano/ne?</i> Na vlhkostně a edaficky nepříznivých stanovištích (příliš sucho nebo naopak mokro, málo substrátu apod.) se s lesem nesetkáme – tj. např. vodní nádrže, rašeliniště, mokřady, skály, sutě, skalní stepi, ale také vysoko v horách nad horní hranicí lesa (dáno klimaticky).	25 min.  Prezentace obrázků  3 min.



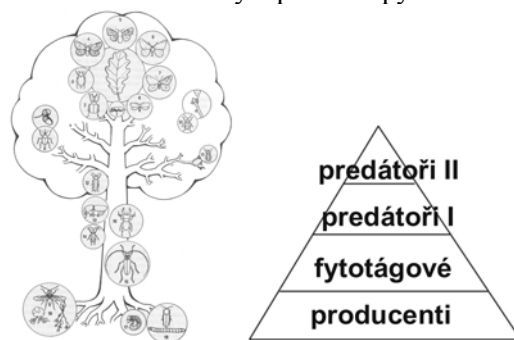
<p><i>Jak se les liší od jiných ekosystémů a co je pro něj typické?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- hlavní dominantou – <b>stromy</b></li> <li>- vyskytují se na místech s „dostatkem“ živin, proto soutěží s ostatními jedinci hlavně o zdroj světla</li> </ul> <p><i>Co stromy dělají proto, aby obstály?</i></p> <p>Musí být dostatečně vysoké, aby přerostly své konkurenty a získaly tak dostatek světla pro svoji fotosyntézu a tedy další růst.</p> <p><i>Čím je jejich vyzdvížení do vyšších pater umožněno?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vytrvalá pletiva tvořící jejich kmeny a větve – velké množství energie, která je ztracena při dýchání těchto živých, ale nefotosyntetizujících pletiv (40 – 60%).</li> <li>- podíl zelených listů tvoří zejm. u opadavých dřevin jen malé procento (1 – 2%).</li> </ul> <p><i>Dalším problémem je vedení vody do vrcholových částí koruny. Čím je zajištěno?</i></p> <p>Transpiračním proudem ve vodivých pletivech (cévách a cévicích), která jsou poměrně úzká a díky tomu je voda vytlačena dostatečně vysoko. Problém však může nastat v zimě, při mrazu. Když voda v pletivech zmrzne, dojde k roztrhání cév a vzniká embolie. To se stává častěji u listnatých dřevin (proto také opadávají). Na jaře opět obnoví svoji činnost, kambium odděluje nová vodivá pletiva a voda se tak dostává do korun. Dochází k rašení pupenů.</p> <p><i>Jaké dva typy korun mohou mít stromy? – stinné a slunné</i></p> <p><i>Čím se tyto dva typy korun liší a jak ovlivňují organismy v podrostu?</i></p> <p>Stinné koruny – hustě větvené, často tvoří velké listy, které jsou i při malém množství dopadajícího světla schopny fotosyntetizovat. Značnou měrou však ovlivňují přizemní rostlinnou i živočišnou složku – je zde přílišné zastínění. Stinnou korunu má např. buk, jedle, tis.</p> <p>Slunné koruny – poměrně řídké, což je způsobeno tím, že i spodní větve potřebují dostatek světla, jinak odumírají. Na zem tak dopadá hodně světla, což umožňuje výskyt i světlomilných organismů. Slunnou korunu má např. modřín, borovice, bříza.</p> <p><i>Jak je to s kvetením a produkcí semen u stromů?</i></p> <p>Obojí je energeticky náročný pochod, např. dospělý dub produkuje až 15 000 žaludů, borovice 100 000 semen.</p> <p><i>Jak se liší semena například těchto dvou druhů – dubu a borovice?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- např. dub, buk, produkují velká semena s vysokým obsahem škrobu, proto také vytvoření těchto zásob trvá dospělému stromu několik let. Jejich semenáčky musí totiž obstát silné konkurenci s ostatními jedinci a vyhrávají pouze nejsilnější z nich. Výhodou je tedy rychlý růst ze svých zásob.</li> <li>- např. bříza, borovice, produkují velké množství malých semen každý rok. Tj. druhy, které jsou schopny se uchytit i v méně prediktabilním prostředí, jejich snahou je, aby alespoň některé semenáčky vyklíčily a daly vznik dospělému stromu.</li> </ul> <p><i>Nezbytné je také opylení. Jakým způsobem je uskutečňováno u stromů v lese?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- větrem – fouká v jejich korunách</li> <li>- hmyzem – nižší stromy a keře – proniká k nim jen málo větru, proto lákají hmyz svými vonnými květy (lípa, javor, hloh, svída).</li> </ul> <p><i>A jakým způsobem jsou pak šířena jejich semena?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- živočichy (ptáky, přichycením na lesní zvěř, ale i třeba mravenci)</li> <li>- větrem</li> </ul> <p><i>Keřové a bylinné patro se v lesích vyvíjí ve zcela jiných podmínkách než je tomu v nelesní krajině. Proč?</i></p> <p>Stromy – <b>porostní klima</b> – stabilnější, ale i značné extrémy</p>	<p>8 min.</p> <p>Průběžný nákres struktury lesa na tabuli</p> <p>Kubíková (1999)</p> <p>5 min.</p>
--	--

<p><i>Jaké podmínky zde tedy panují?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- specifické světelné podmínky – prudké změny osvětlení (stěhující se sluneční skvrny). Nízká intenzita záření je nedostatečná pro fotosyntézu světlomilných rostlin, ale prudké změny osvětlení limitují některé kapradiny.</li> <li>- <i>Proč tedy některé druhy vykvétají brzy na jaře a pak zaniknou a objeví se až příští jaro?</i> Využijí toho, že stromy ještě nemají listy a je zde více světla (např. sasanka hajní, jaterník podléška)</li> <li>- menší rozdíly teplot mezi dnem a nocí i v průběhu roku</li> <li>- asi 30% srážek zachyceno v korunách stromů – do bylinného patra se tak dostává méně vody (ale je zde i menší odpar). Díky tomu dochází v povrchové vrstvě půdy ke konkurenci stromů a bylin o vodu a v ní rozpuštěné živiny a k odumírání semenáčků. Na druhou stranu je zde ale také menší pohyb vzduchu a tak i menší výkyvy vzdušné vlhkosti. Lesní byliny jsou přizpůsobeny na tyto stálé podmínky a nesnesou vyšší ztrátu vody v pletivech, proto při vykácení lesa na pasece hynou.</li> </ul> <p><i>Kořenové patro</i> – pro koloběh živin v lese – nepostradatelný význam spojení kořenů vyšších rostlin (dřevin i bylin) s houbovými vlákny, tzv. <b>mykorrhiza</b>, která zprostředkovává čerpání živin i z větších hloubek a hůře dostupných míst.</p> <p><i>Pod lesem se také vytváří jiné půdy – středoevropská hnědozem</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dostatečné a stabilní množství vody</li> <li>- vytváří se zde různé formy <b>humusu</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- na povrchu – surový humus – převážně opad</li> <li>- vrstva s částečně natrávenými listy různými houbami, chvostoskoky, bezkřídlymi brouky apod.</li> <li>- nejúrodnější forma humusu – dokonale zpracováno žížalami, takže již nelze rozlišit jednotlivé částičky</li> </ul> </li> <li>- při tvorbě humusu – nepostradatelná role půdní mikroflóry a edafonu</li> <li>- pod vrstvou humusu – vyvinuté, ale hutné půdy s vysokým obsahem jílů</li> </ul> <p>Les v přirozeném stavu = <b>vyvážený ekosystém</b> = poskytuje vhodné prostředí a výživu velkému množství živočichů na různém stupni potravního řetězce.</p> <p><i>Jmenujte z hlediska potravních vztahů, které typy/druhy živočichů jsou vázány na stromy a les obecně?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velké množství fytofágů: mšice, brouci, motýli, divoké včely apod. – přesto nedojde ke škodám, početnost fytofágů regulována</li> <li>- predátoři: lumci, lumčíci, vosy, mouchy, pavouci, mravenci, střevlíci, slunéčka, ale i ježci, rejsci a ptáci</li> <li>- půdní organismy – detritická část potravního řetězce</li> </ul> <p>Velkým problémem je v současné době v Evropě přebytek vysoké zvěře, jelení a srnčí, a také divokých prasat. Může jich být 5–15x více než by bylo v pralese.</p> <p><i>Čím je to způsobeno?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chybí jejich predátoři – velké šelmy</li> <li>- podporováno lesníky – v zimě zvěř přikrmují → nejsou z přírody odstranění slabí jedinci</li> </ul> <p><i>Čím zvěř lesu škodí?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- žerou semenáčky různých stromů → brání jejich přirozené obnově (proto stavba oplocenek, odpuzující nátěry stromků)</li> <li>- selekční vliv na lesní byliny, s oblibou konzumují borůvky, lilii zlatohlavou, orchideje, kapradiny a některým jiným bylinám se naopak vyhýbají, např. třtině křovištní, kopřivě dvoudomé</li> <li>- poškozují i starší stromy při vytloukání paroží a loupání kůry v zimě</li> </ul>	<p>Kubíková (1999)</p> <p>4 min.</p> <p>5 min.</p> <p>Nákres potravních vztahů na tabuli a průběžné doplňování organismů vázaných na stromy</p>
--	---

- zápis na tabuli: průběžně, tvořen jen nově osvojovanými pojmy, schematickými nákresy s popisem
- náčrt na tabuli: 1. Struktura lesa, lesní patra



## 2. Potravní vztahy a potravní pyramida



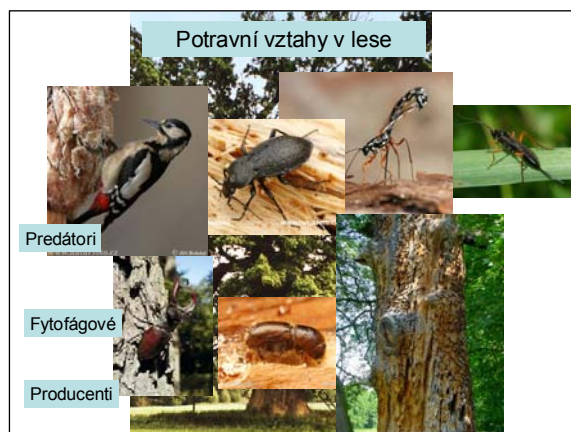
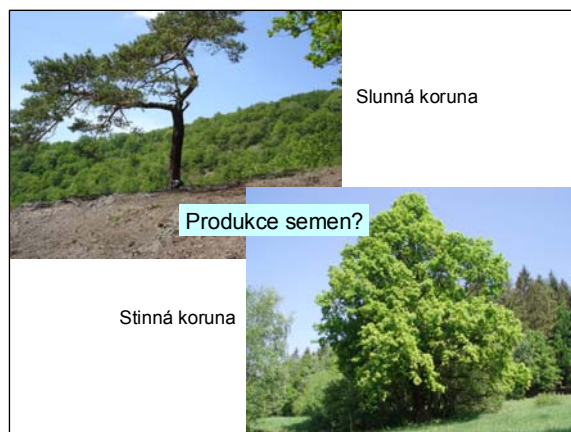
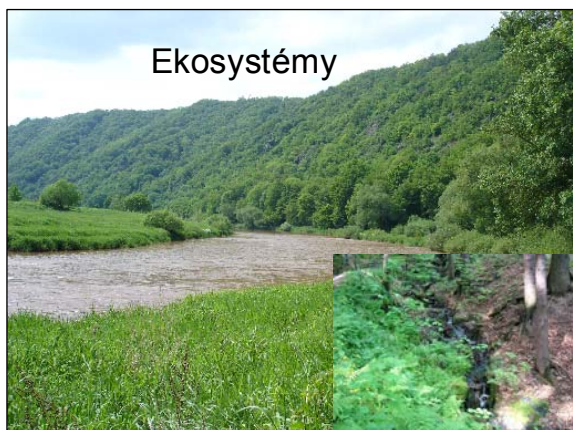
Čížková et al.  
(2003)

Vyučovací metody: dialogické, monologické, projekce (statická)

Pomůcky: test, prezentace

Didaktická technika a ostatní potřeby: dataprojektor

## Prezentace



## Příprava 2: kontrolní skupina

### Téma: Ekosystémy – typy lesa, hospodaření v lese

Cíle:

- Žáci seřadí vegetační stupně lesa podle stoupající nadmořské výšky.
- Žáci rozliší i v rámci jednoho vegetačního stupně různé typy lesa na základě stanovištních podmínek a druhového složení a uvedou příklady organismů v nich žijící.
- Žáci uvedou klady a zápory umělé obnovy lesa a srovnají s přirozenou obnovou.
- Žáci uvedou příklady nepůvodních rostlin a živočichů a objasní, jakým způsobem ovlivňují své okolí.

**Pojmy opěrné:** ekosystém, doubrava, bučina, smrčina, horské bezlesí, semenáčky

**Pojmy nově vytvářené:**

*Pojmy základní:* vegetační stupně lesa, pásma lesních typů, javořina a suťový les, dubohabřina, kyselá a zakrslá doubrava, přirozená a umělá obnova lesa, monokultura, nepůvodní druhy

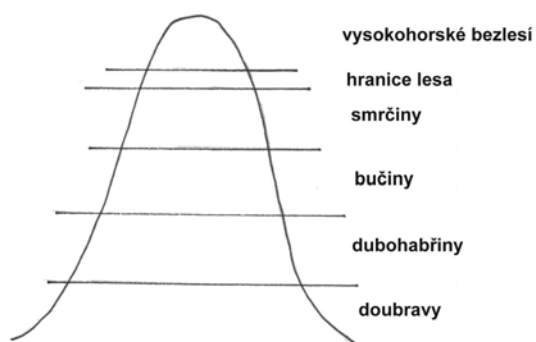
*Pojmy doplňující:* reliktní bor, potoční olšina, půdní semenná banka, holoseč, názvy rostlin a živočichů

Plánovaný průběh (stavba) VJ	Poznámky
<b>Orientační opakování</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Minulou hodinu se probíral les a vlastnosti lesa → Na staré stromy je vázáno hodně živočichů – i 1000 druhů. Víte, o který druh stromu se jedná? A proč?</i> Dub – je na našem území už několik tisíc let.</li> </ul>	2 min.
<b>Osvojování nového učiva</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• v závislosti na nadmořské výšce – různé <b>vegetační stupně lesa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- doubravy – dubohabřiny – bučiny – smrčiny – kosodřeviny – horské bezlesí</li> </ul> </li> <li>• střední Čechy – nejčastěji dubohabřiny – v přírodním lese ale velmi úzké vztahy mezi prostředím a společenstvy, které v něm žijí <ul style="list-style-type: none"> <li>- i na poměrně malém území (např. na Křivoklátsku) je proto <b>několik typů lesa</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vliv nadmořské výšky + stanovištních podmínek (tvar reliéfu, sklon a orientace svahu, množství srážek, hloubka půdy) a mikroklimatu</li> <li>- na příkrých svazích středních toků řek – Berounka, Vltava – celá <b>pásma lesních typů</b> – liší v závislosti na poloze na svahu nad řekou <ul style="list-style-type: none"> <li>- lipové a habrové javořiny <ul style="list-style-type: none"> <li>- na sutích, na dně údolí</li> </ul> </li> <li>- dubohabřiny <ul style="list-style-type: none"> <li>- ve středních polohách svahu</li> </ul> </li> <li>- kyselá doubravy a zakrslé doubravy <ul style="list-style-type: none"> <li>- vrcholové části strmých jižních svahů, velmi teplé a suché</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li></ul>	8 min. Nákres 1      Nákres 2   Prezentace obrázků  Kolbek et al. (2001)
<b>Lipová a habrová javořina</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- na suťových půdách obohacených vláhou a dobře se rozkládajícím humusem</li> <li>- zastíněné severní svahy a spodní části hlubších údolí</li> </ul> <i>Jaké jsou vlastnosti suťových lesů?</i>	7 min.

<ul style="list-style-type: none"> <li>- dostatek živin (splavuje je potok, jsou vymývány z vyšších částí svahu) → rychlý růst rostlin</li> <li>- velice nestabilní prostředí, kde dochází k neustálému narušování sesuvem substrátu (skeletovité půdy a kameny)</li> </ul> <p><i>Jakým způsobem jsou rostliny na tato stanoviště přizpůsobeny?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- strategie úniku z neustále narušovaného prostředí → velká a těžká semena, s krátkou dobu klíčivosti, rychle klíčí</li> <li>- cílem semenáčků – rychle nahradit staré stromy → velice rychlý růst, časný nástup dospělosti (všichni jedinci se snaží rychle plodit a produkovat vlastní semena)</li> <li>- stromy a keře často poškozeny – velká schopnost regenerace → náhradní větve, zmrazovat z kmínků (vícekmenní jedinci – např. lípa)</li> <li>- význam – protierozní a půdoochranná funkce</li> <li>- hlavní dřeviny: jasan ztepilý, jilm horský, javor klen, javor mlč, lípa velkolistá, lípa srdčitá, habr obecný, angrešt, bez černý a bez hroznatý, růže alpská, byliny – kapradiny (různé druhy kaprad'ů, papratka samičí), nitrofilní druhy (bažanka vytrvalá, česnáček lékařský, kakost smrdutý, kopřiva dvoudomá a vlašovičník větší). Dobře vyvinutý jarní aspekt s četnými druhy s podzemními oddenky a cibulemi – dymnivka dutá, křivatec žlutý, sasanka pryskyříkovitá.</li> <li>- humusová vrstva – bohatá na půdní zoedafon – žížaly a členovci</li> <li>- půdy jsou bohaté dusíkem díky značnému provzdušnění sutí a aktivitě dusíkatých bakterií</li> <li>- živočišové: zástupci měkkýšů, pavouků a hmyzu</li> </ul>	<div>Kubíková (1999)</div> <hr/> <div>Kolbek et al. (2003)</div> <hr/> <div>Kučera (1999)</div>
<p><b>Habrová doubrava</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ve středních polohách svahu, na vysychavých půdách</li> <li>- středně náročné teplomilné a hájové druhy – ptačinec velkokvětý, lipnice hajní</li> <li>- dřeviny – dub, habr, zimolez, líska, svěda, ptačí zob</li> </ul>	<div>3 min.</div> <hr/> <div>Kolbek et al. (2003)</div>
<p><b>Kyselá doubrava</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vrcholové polohy a horní části výslunných svahů</li> <li>- hlubší vysychavé hnědozemě</li> <li>- převládající dřevina – dub zimní s příměsí borovice lesní, buk, habr</li> <li>- trávy – lipnice hajní, třtina rákosovitá, kostřava ovčí, také mařinka vonná, pstroček dvoulistý, bika hajní</li> <li>- živočišové – různé druhy brouků vázané na dřeviny (zdroj potravy), šplhavci (strakapoud velký, žluna šedá, datel černý)</li> </ul>	<div>5 min.</div> <hr/> <div>Kolbek et al. (2003)</div>
<p><b>Zakrslá doubrava</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- komplex společenstev na extrémně suchých a teplých stanovištích na skalnatých a kamenitých svazích jižně a jihozápadně orientovaných</li> <li>- vyšší sklon a relativně mělké skeletovité půdy</li> <li>- dřeviny – nízké a pokroucené („zakrsle“, „krivoles“), velmi rozvolněné porosty, místy nahrazené křovinami či travinobylinnými společenství – pleše</li> <li>- dominantní dřeviny – dub zimní, habr a borovice, teplomilné druhy jeřáb břek a jeřáb muk</li> <li>- byliny – světlomilné, snášející sucho a kyselý podklad             <ul style="list-style-type: none"> <li>- tolita lékařská, lipnice hajní, kostřava ovčí, válečka prapořitá, pavinec horský, jestřábník chlupáček, smolnička obecná, bělozářka liliovitá, všes obecný</li> </ul> </li> </ul> <p><i>Co jsou tzv. reliktní bory? původní porosty borovice lesní na skalních</i></p>	<div>7 min.</div> <hr/> <hr/> <div>Kučera (1999)</div>

<p>výchozech</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- borovice – druh světlomilný a široce tolerantní k podmínkám prostředí → zatlačen ostatními dřevinami na extrémní stanoviště (původní porosty mohou přežívat v izolovaných ostrůvcích)</li> <li>- metlička křivolaká, jestřábník chocholičnatý, kociánek dvoudomý, vřes obecný, četné jsou lišejníky zejm. rodu <i>Cladonia</i></li> <li>- živočichové: mravkolev, užovka hladká, ještěrka obecná, kuna skalní, výr velký, šoupálek krátkoprstý, šplhavci. Z bezobratlých představují významný podíl druhy vyhledávající stárnoucí stromy a odumírající dřevo, např. roháč obecný</li> </ul>	
<p><b>Většina lesů – obhospodařovány</b>  <i>Jak probíhá umělá obnova lesa?</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. vykácení - maloplošná holoseč (→ menší paseky – světlomilné dřeviny – borovice, modřín, dub → stejnověký jednovrstevný porost)  - clonná seč (obnova pod ochranou původního lesa prosvětleného těžbou → dvouvrstevný porost blízký přirozenému)</li> <li>2. vysazení semenáčků vypěstovaných v lesních školkách</li> <li>3. mechanické nebo chemické odstranění nežádoucích jedinců – urychluje přirozené prořezávání a vytvoření dospělého lesa</li> </ol> <p>Druhá skladba lesa musí odpovídat stanovištním podmínkám</p>	<p>5 min.</p> <p>web 1</p>
<p><i>Jakým způsobem probíhá přirozená obnova lesa?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- semena roznášena po lese – když do příhodných podmínek → vyklíčí nebo se uloží do půdní semenné banky</li> <li>- příliš velká konkurence okolních dospělých stromů – jen minimum semenáčků přežije. <i>Jak se tedy může les přirozeně obnovit?</i> Stačí malá světlina v porostu, vzniklá uschnutím nebo vyvrácením starého stromu, která se rychle zaplní náletem nejrůznějších dřevin. Zvítězí druhy, kterým nejlépe vyhovuje dané stanoviště, a z nich nejlepší a nejsilnější jedinci dorostou až do dospělosti.</li> </ul>	<p>Pecha et al. (1982)</p>
<p><i>Umělá obnova → často monokultury a nepůvodní druhy. Jaké to má nevýhody?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vysazovány druhy (např. smrk) přirozeně rostoucí v naprosto jiných podmínkách → nedaří se jim, napadány škůdci (bekyně mniška, kůrovec), hnilobou či dalšími chorobami</li> <li>- <i>Proč ale nejsou stejně napadány i přirozené lesy?</i> složené ze stromů velice různého stáří i kvality, přednostně napadání jedinci staří a nemocní → nedochází k přemnožení škůdců</li> <li>- např. smrk – mění podmínky na stanovišti, akát – negativně ovlivňuje podrost</li> </ul>	<p>5 min.</p>
<p>Nepůvodní druhy dřevin v našich lesích:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- trnovník akát (kořeny vylučují do půdy toxické látky)</li> <li>- borovice černá, douglaska tisolistá, modřín opadavý</li> </ul> <p>Nepůvodní druhy živočichů na Křivoklátsku: muflon, daněk skvrnitý</p>	
<p><b>Shrnutí na závěr</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Který vegetační stupeň je v okolí vašeho bydliště?</li> <li>• Které typy lesa se nachází na svazích v kaňonovitém údolí řeky?</li> <li>• Proč vysazovat les a jakým způsobem?</li> <li>• zápis na tabuli: průběžně, tvořen jen nově osvojovanými pojmy, schematickými nákresy s popisem</li> </ul>	<p>3 min.</p>

- nákres na tabuli: 1. Vegetační stupně lesa



## 2. Pásma lesních typů



naučný panel  
č. 5, NS  
Brdatka

Vyučovací metody: dialogické, monologické, projekce (statická)

Pomůcky: prezentace

Didaktická technika a ostatní potřeby: dataprojektor



## Prezentace



## Příprava 3: kontrolní skupina

### Téma: Ekosystémy ovlivněné vodou

Cíle:

- Žáci objasní význam říční nivy pro okolní krajinu.
- Žáci zhodnotí, zda lze z hlediska stability krajiny považovat nivu Berounky za přirozenou.
- Žáci uvedou, které typy organismů se vyskytují na vlhkých stanovištích a ve vodě, a vysvětlí, jak jsou na tento způsob života přizpůsobeni.
- Žáci uvedou příklady rostlin a živočichů vlhkých stanovišť.

**Pojmy opěrné:** ekosystém, stanoviště (biotop)

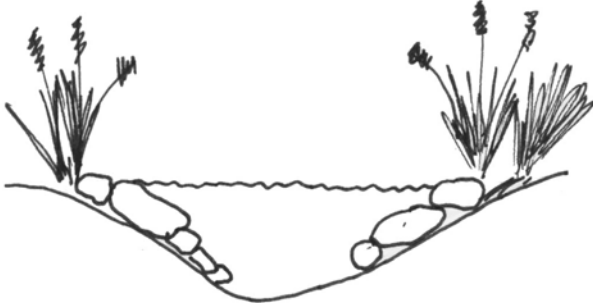
**Pojmy nově vytvářené:**

*Pojmy základní:* přizpůsobení (adaptace), niva řeky, potoční olšina, lesní prameniště, jarní aspekt, letní aspekt, regenerace, nitrofilní druhy, invazní druhy

*Pojmy doplňující:* říční terasa, čtvrtohory, ruderalní druh, mikroklima

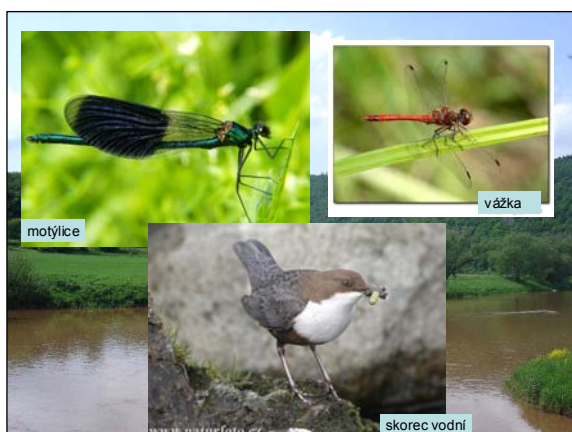
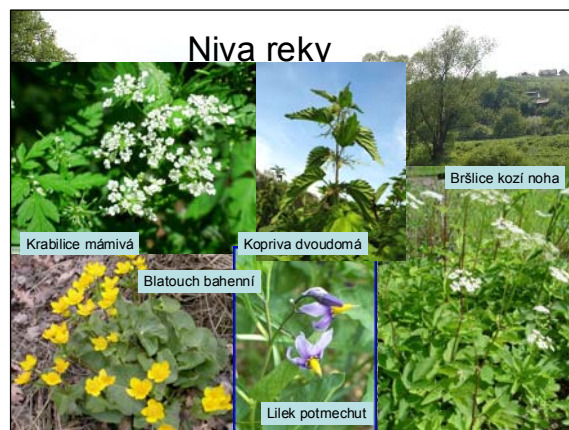
Plánovaný průběh (stavba) VJ	Poznámky
<b>Orientační opakování</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Popište strukturu lesa. Která lesní patra zde můžeme vymezit? → žáci nakreslí. Uveďte příklady organismů.</li> <li>• Které typy lesa se nachází na svazích v kaňonovitém údolí řeky?</li> </ul>	5 min.
<b>Niva Berounky</b> <i>Co je niva řeky?</i> údolní dno vzniklé usazením nivních sedimentů, které zahrnuje širokou škálu různých biotopů pro volně žijící živočichy a rostliny. Řeky v přírodním stavu (neupravené řeky) mají rozmanitou přirozenou strukturu s tůněmi, prahy, peřejemi, bočními rameny, tišinami, příbřežními bažinami a lesnatou nivní krajinou. Úpravy řek s cílem tlumit povodně nebo zlepšit odvodnění krajiny – velmi nepříznivý vliv, který může snížit ekologickou hodnotu hlavního toku i přilehlých nivních lokalit. vznik údolí Berounky: - zahlubování říčního toku ve čtvrtohorách → tři říční terasy: - Pohořelecká terasa – mocnost až 15 m – dnes Újezd nad Zbečnem - blíže k řece – mladší terasové stupně (10 a 20 m nad řekou) - utváření říčních teras ve čtvrtohorách: naše území bylo mimo dosah činnosti kontinentálního ledovce, avšak pod jeho vlivem → opakovaný postup a ústup ledovce – zánik a obnovení vegetačního krytu, u vodních toků střídání eroze a akumulace → postupné zahlubování a meandrování toku a vznik říčních teras (mocnost proto odpovídá jejich stáří) <i>Jaké jsou hlavní funkce říční nivy a proč je tedy pro stabilitu krajiny tak důležitá?</i> - zadržování vody v krajině – při povodních, při suchu (zásoba vláhy pro okolí, vliv na jeho mikroklima – vlhčí a teplejší) - ukládání sedimentů na březích → samočištění → v říční nivě úrodná půda s velkým množstvím živin <i>Jak vypadá niva Berounky? Lze ji považovat z hlediska stability krajiny za přirozenou?</i> - přirozený povodňový režim - vysoká dynamika změn – pravidelné záplavy, eroze koryta, množství živin rostliny: - jednoleté druhy – čeleď Merlíkovité (lebedy a merlíky), Rdesnovité	12 min.  Ložek (1988)   Mašek (1997)

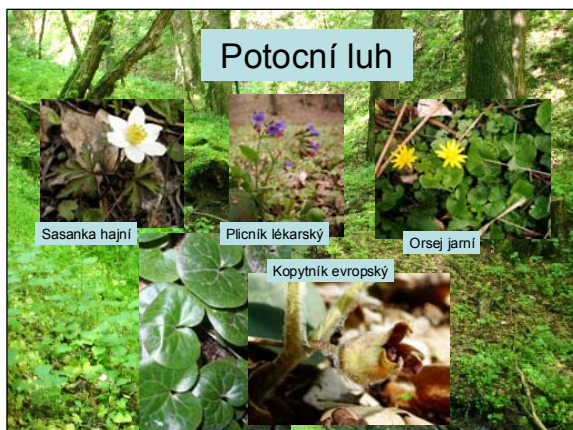
<p>(rdesna a šťovíky), Brukvovité (barborka obecná, rukev obojživelná)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- druhy schopné rychle vegetativně regenerovat – chrastice rákosovitá, kopřiva dvoudomá</li> <li>- liánovité rostliny – opletník plotní, lilek potměchut'</li> <li>- pobřežní porosty – rychlá dynamika → snadná migrace invazních druhů (např. netýkavka žláznatá)</li> </ul> <p>Původní lužní lesy už se v údolí Berounky nevyskytují → nahrazeny psárkovými loukami (psárka luční, lipnice obecná... a četné druhy indikující vysoký obsah živin – šťovíky kadeřavý, š. rozvětvený, svízel přítula)</p> <p><i>K čemu je pobřežní vegetace dobrá, když je často složena z nitrofilních, ruderálních a dalších podobných druhů?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kořeny zpevňují břeh – zabraňují sesouvání půdy do řeky a tak zanášení koryta</li> <li>- hnízdiště vodního ptactva a trdliště ryb, úkryt a rojení vodního hmyzu, potrava pro mnoho živočichů</li> </ul> <p>živočichové:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Berounka – parmové rybí pásmo – kapr obecný, lín obecný, jelec tloušť, okoun říční, plotice obecná, ouklej obecná, hrouzek obecný, parma obecná, štika obecná, úhoř říční</li> <li>- užovka plamatá, ondatra pižmová, skorec vodní, konipas horský, z bezobratlých motýlice lesklá, četné druhy vážek a motýlů vlhkých luk (modrásci bahenní, očkovaní a černoskvrnní)</li> </ul>	<p>Kolbek et al. (1999)</p>
<p><b>Potoční luh (údolí potoka Štíhlíce)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chladné mikroklima potočního luhu</li> <li>- <i>Jaké jsou hlavní dřeviny potočního luhu a proč zde mohou růst?</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- olše šedá, olše lepkavá a jasan ztepilý</li> <li>- olše – kořeny s korálkovitými nádory (hlízkami – symbiotické houby schopné poutat vzdušný dusík do formy přístupné rostlinám)</li> </ul> </li> <li>- dostatek živin – olšový opad bohatý dusíkem, přinesené vodou</li> <li>- vlhko a specifické klima (dno inverzního údolí)</li> </ul> <p>rostliny: řada vlhkomilných lesních druhů i druhů vyšších poloh</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- jarní aspekt – orsej jarní, blatouch bahenní, sasanka hajní a pryskyřníkovitá, lecha jarní, plicník lékařský, jaterní podléška, kyčelnice devítilistá</li> <li>- <i>Co je typické pro jarní aspekt?</i> rostliny vykvétají ještě před olistěním stromů a brzy na jaře prodělají celý svůj životní cyklus</li> <li>- léto – kopytník evropský, žindava evropská, ostřice třeslicovitá</li> <li>- druhy nitrofilní – bršlice kozí noha, netýkavka nedůtklivá, kakost smrdutý, kopřiva dvoudomá, lipnice hajní, válečka lesní</li> </ul> <p>vlastní potok – důležité životní prostředí → živočichové:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vývoj mnoha vodních larev jinak suchozemských druhů hmyzu – jepice, pošvatky, vážky, motýlice, chrostíci – dospělci suchozemští, ale celý život soustředěn v blízkosti vody</li> <li>- dospělci některých zástupců (jepice, pošvatky, chrostíci) žijí jen velice krátce, nepřijímají potravu, nakladou vajíčka a zahynou</li> <li>- jejich larvy – žijí i několik let v tekoucí vodě – živí se buď řasami (jepice) nebo dravě (vážky a pošvatky). Larvy chrostíků si staví různé schránky, které je chrání a které s růstem přistavují. Tyto schránky jsou typické pro jednotlivé druhy a mohou být z kamínků, ulitek, ze dřeva nebo kousků listů. Některé druhy si spřádají pavučinové sítě, do nichž lapají drobné vodní živočichy.</li> <li>- beruška vodní, blešivec, ploštěnky – indikují čistotu vody</li> <li>- přizpůsobení – zploštělý tvar těla → spodní strany kamenů, prostory</li> </ul>	<p>Reichholf (1998)</p> <p>Hůla et Štěpánek (1996)</p> <p>15 min.</p> <p>Kubíková (1999)</p> <p>Hůla et Štěpánek (1996)</p> <p>Štěpánek et al. (1994)</p> <p>nákres</p>

<p>mezi vodními rostlinami – zdroj potravy, ochrana před rybami</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mlok skvrnitý, žáby – skokan hnědý, kuňka žlutobřichá, ropucha obecná</li> <li>- horské druhy ptáků – strážník obecný, konipas horský</li> </ul> <p><b>Lesní prameniště</b></p> <p><i>Jaké jsou charakteristické vlastnosti pramenišť?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- teplota vyvěrající vody kolísá během roku jen nepatrně</li> <li>- teplota a vlhkost – velice stabilní prostředí v okolí prameniště → charakteristické mikroklima – rozvoj mechů a jätrovek, útočiště před horkem mnohým obojživelníkům, savcům a také hmyzu</li> </ul> <p>rostliny: řeřišnice hořká, mokřýš střídavolistý, rozrazil potoční, devěsíl bílý, válečka lesní, ostřice lesní, ostřice řídkoklasá</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mechorosty – baňatka potoční, měřík tečkovaný, měřík čeřitý, ploník ztenčený</li> </ul> <p>živočichové: ploštěnky – svým životem vázané na stabilní podmínky pramenišť, vysoce citlivé bioindikátory</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- napajedla pro lesní zvěř → silně narušují prameniště (rozrytí, rozšlapání vegetace) → nitrofilní druhy (např. kopřivy)</li> </ul> <p><b>Shrnutí na závěr</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K čemu niva řeky slouží?</li> <li>• S kterými živočichy se můžeme setkat v potoce? Jak jsou přizpůsobeni životu v proudící vodě a v jaké části potoka je nacházíme?</li> <li>• Jaký je význam lesních potoků a pramenišť?</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zápis na tabuli: průběžně, tvořen jen nově osvojovanými pojmy</li> <li>• nákres: profil potoka – umístění vodních živočichů (na spodní straně kamínků, prostory mezi vodními rostlinami)</li> </ul> 	<p>web 1</p> <p>8 min.</p> <p>Pecha et al. (1982)</p> <p>5 min.</p>
<p>Vyučovací metody: dialogické, monologické, projekce (statická)</p> <p>Pomůcky: prezentace</p> <p>Didaktická technika a ostatní potřeby: dataprojektor</p>	



## Prezentace







## Příprava 4: kontrolní skupina

### Téma: Bezlesé ekosystémy

Cíle:

- Žáci na základě obrázku skály odvodí, jaké podmínky zde panují.
- Žáci na příkladech rostlin vysvětlí způsob jejich přizpůsobení na suchá a teplá stanoviště.
- Žáci uvedou příklady živočichů skal a skalních stepí.
- Žáci porovnají vlastnosti trav s jinými bylinami a na základě toho zhodnotí jejich význam a funkci v travinobylinných společenstvech.
- Žáci rozhodnou, které složky potravní pyramidy jsou zastoupeny na louce, a uvedou příklady.
- Žáci vlastními slovy vysvětlí, co se stane po opuštění louky.

**Pojmy opěrné:** skála, žula, břidlice, slepenec, pískovec, svor, vápenec, čedič, sklerenchym, trichom, sukulence, obnovovací pletiva, svazčité kořeny, obilka, fytofág, predátor, rozkladač, mykorrhiza

**Pojmy nově vytvářené:**

*Pojmy základní:* přizpůsobení (adaptace), skalní step, regenerace, sukcese

*Pojmy doplňující:* pleš, travinobylinné společenstvo, pionýrský druh, půdní semenná banka, dekompozice

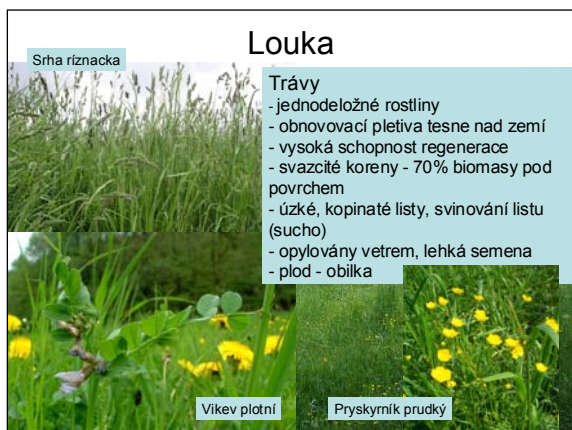
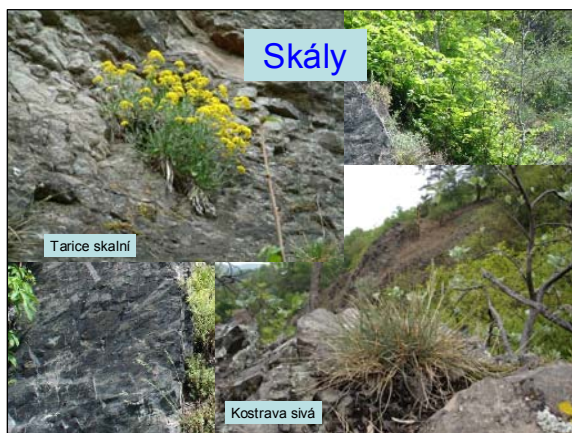
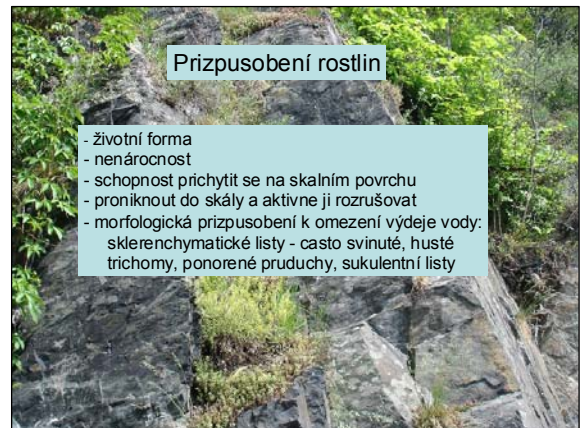
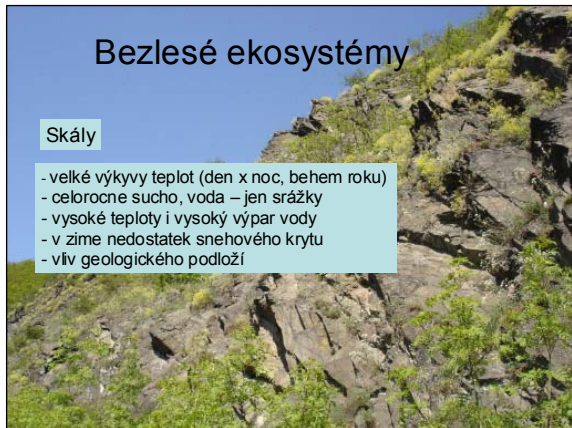
Plánovaný průběh (stavba) VJ	Poznámky
<b>Orientační opakování</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Které bezlesé ekosystémy znáte?</i> Skály, louky, pole, mokřady, rašeliniště, nivy řek, horské bezlesí</li> <li>• <i>Proč se na těchto stanovištích neudrží les? Jaké zde panují podmínky?</i> moc mokro nebo moc sucho pro les</li> <li>• <i>Které ekosystémy souvisí s vodou?</i> Např. niva řeky, údolí potoka, prameniště</li> <li>• <i>Jaký je rozdíl mezi údolím řeky a potoka? Jak lze tato stanoviště popsat a co je pro ně charakteristické?</i> říční niva (teplejší než okolí, hodně splavených živin, široké údolí, nitrofilní druhy, vrby) x potoční údolí (kaňonovité, specifické mikroklima – chladno a vlhko, i horské druhy rostlin, potoční olšina tvoří úzký pás, který přechází rychle v les)</li> </ul>	5 min.
<b>Skály a skalní stepi</b> <p><i>Jaké podmínky na skalách panují?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velké výkyvy teplot (den x noc, během roku)</li> <li>- celoročně sucho, jedinou dostupnou vodou – srážky</li> <li>- vysoké teploty povrchové vrstvy půdy i vysoký výpar vody</li> <li>- v zimě nedostatek sněhového krytu – sniž. z návětrných svahů vyfoukán, vegetace vystavena působení mrazu</li> <li>- vliv geologického podloží – na skalách není vyvinuta půda <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Jaké typy hornin znáte?</i> vyvřelé (žula), usazené (břidlice, slepenec, pískovce), přeměněné (svor)</li> <li>- jiná vegetace na minerálně bohatých horninách, např. vápenec (Český a Moravský kras), čediče (České středohoří – Říp), a jiná na kyselých horninách, žuly, ruly, svory (Krkonosy, Šumava), bulžníky či kyselé břidlice (Křivoklátsko)</li> </ul> </li> <li>- vrcholky skal – <i>travinobylinná společenstva (pleše)</i> = skalní stepi</li> </ul> <p><i>Jak vypadá vegetace skal a skalních stepí? Mohou zde růst stromy?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zablokovaná stádia sukcese</li> <li>- porosty bylin nízké, rozvolněné, s malou pokryvností</li> </ul>	10 min.  Pivničková (1997)  Kolbek et al. (2001)

<ul style="list-style-type: none"> <li>- semenáčky dřevin jen ojediněle a vlivem nepříznivých podmínek po dosažení určité velikosti hynou → sucho, mělká půda a mrazy zabraňují okolnímu lesu pronikat na otevřené plochy a zarůstat je</li> </ul> <p><i>Jak jsou dále rostliny na extrémní podmínky skal přizpůsobeny?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- životní forma, nenáročnost (pionýrské druhy), schopnost přichytit se na skalním povrchu (zejm. řasy a lišejníky) či proniknout do skály a aktivně ji rozrušovat</li> <li>- morfologická přizpůsobení k omezení výdeje vody: sklerenchymatické listy – často svinuté, husté trichomy (odraz světla), ponořené průduchy, sukulentní listy apod.</li> </ul> <p>Rostliny kyselých skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sleziník severní, sleziník červený, zvonek okrouhlolistý, tařice skalní, osladič obecný, časté jsou také mechorosty a lišejníky</li> <li>- na skalních stepích – sukulentní životní formy (rozchodníky, netřesky), nebo druhy jednoleté (pomněnky, rozrazil, rožce, osivka jarní, huseníček rolní), odolné trsnaté trávy (např. kostřava ovčí, kostřava žlábkatá), polštářovité druhy (mateřídouška vejčitá, chmerek vytrvalý, mochna písečná)</li> <li>- chráněné druhy – tařice skalní, bělozářka liliovitá</li> </ul> <p>Živočichové – ještěrka zelená, ještěrka obecná a užovka hladká; četné druhy měkkýšů, sarančat a pavoukovců (stepník rudý)</p>	<p>Kubíková (1999)</p> <p>Pivničková (1997)</p>
<p><b>Louka</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dominantní luk – <b>TRÁVY</b></li> <li>- převážně vytrvalé nebo víceleté, trsnaté, s oddenky či výběžky, snadno a rychle se vegetativně množí</li> <li>- dokonale přizpůsobeny častému pasení a kosení, ale i třeba záplavám či velkému suchu</li> </ul> <p><i>Jaké vlastnosti trávy mají?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- jednoděložné rostliny, obnovovací pletiva těsně nad zemí</li> <li>- listy trav vyrůstají zespoda, kdežto listy stromů a dvouděložných bylin se rozvíjejí z pupenů – trávy nemají pupeny</li> <li>- přiměřené spásání stimuluje jejich růst</li> <li>- vysoká schopnost regenerace</li> <li>- kořenový systém – 70% biomasy pod povrchem</li> <li>- svazčité kořeny, které jsou pod zemí velmi rozvětvené a intenzivně propojené s dalšími jedinci trav, ale i s houbovými vlákny (tzv. mykorrhiza)</li> <li>- úzké, kopinaté listy, které nejsou orientovány celou šíří ke světlu, ale směřují nahoru šikmo a souběžně; při silném oslunění nebo přemokření svinování listů</li> <li>- opylovány větrem, lehká semena, plod – obilka</li> </ul> <p>Význam živočichů na louce:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- opylování, herbivoři – odbourávání zelené hmoty a převod do dekompozice (tvorba humusu) – celý koloběh látek a tok energie ekosystémem</li> <li>- i na jediné rostlině – celé společenstvo živočichů <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>fytofágové</i> – vazba na květy (potrava – různé druhy brouků, opylování – blanokřídlý hmyz, motýli), na plody (ptáci, savci), listy, stonek či kořenový systém</li> <li>- <i>predátoři</i> (některé druhy hmyzu, liška, lasička, rejsek, krtek, ptáci) a paraziti (prvoci, hlísti, roztoči, vši, blechy)</li> <li>- <i>dekompozitoři</i> = <i>rozkladači</i> (žížaly, mnohonožky, někteří brouci, larvy některých much, měkkýši, mikroorganismy – bakterie, kvasinky, houby); krtek, křečci, syslové, hraboši, myši –</li> </ul> </li> </ul>	<p>10 min.</p> <p>Pecha et al. (1982)</p> <p>Reichholf (1999)</p> <p>Pecha et al. (1982)</p>



<p>provzdušňování půdy; význam žížal (provzdušnění, rozklad, půdotvorba)</p> <p><i>Za jakých podmínek se mohou v přírodě louky udržet?</i> člověk vkládá neustále energii, v podobě sečení či pastvy. Z hlediska sukcese tak představují louky blokované stádium. Na louce se mohou udržet i méně konkurenceschopné druhy, které tvoří velice pestré luční společenstvo. Když jsou však louky příliš hnojeny, dochází k jejich znehodnocení (zarůstají nitrofilními druhy).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- když se člověk o louku přestane starat: postupnou sukcesí → les</li> <li>- rostliny: ovsík vyvýšený, psárka luční, srha říznačka, medyněk vlnatý, z bylin pak chrastavec rolní, zvonek rozkladitý, popenec břečťanolistý, řebříček obecný</li> </ul> <p><b>Závěrečné shrnutí celé výuky</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysvětlíte co jsou vegetační stupně lesa a co jsou pásma lesních typů a uveďte příklady.</li> <li>• Co je ekosystém, společenstvo, populace, biotop?</li> <li>• Popište strukturu lesa. Jaká v lese rozlišujeme patra?</li> <li>• Jak jsou rostliny v lese opylovány? A jakým způsobem a na jakou vzdálenost jsou šířena jejich semena? + příklady</li> <li>• Jaké podmínky panují v lesním podrostu? Jak na to mohou reagovat některé byliny (listnatý les)?</li> <li>• Co je to potravní pyramida a jak vypadá v lese? Jaké skupiny organismů zde můžeme vymezit z hlediska potravních vztahů?</li> <li>• Čím se liší zakrslá a kyselá doubrava? + příklady rostlin</li> <li>• S jakými druhy stromů se nejčastěji setkáme v zakrslé doubravě? Jaké druhy živočichů jsou na staré dřevo vázány?</li> <li>• Kde se můžeme setkat s lipovými a habrovými javořinami? Které druhy stromů zde rostou?</li> <li>• Uveďte příklady nepůvodních druhů dřevin a živočichů.</li> <li>• Uveďte klady a zápory vysazování monokulturních porostů. Co je pro ně typické?</li> <li>• Na co je niva řeky přizpůsobena a co jí naopak škodí? Jaký je její význam v krajině?</li> <li>• Které rostliny a kteří živočichové se v říční nivě vyskytují?</li> <li>• Které druhy stromů se typicky vyskytují v potočním luhu? Proč?</li> <li>• Kterí živočichové žijí v čistých vodách potoků? Jsou to jen dospělci nebo zde žijí jen některá vývojová stadia – jaká?</li> <li>• Jaký mají tyto živočichové význam?</li> <li>• Které faktory určují výskyt rostlinných druhů na skalách?</li> <li>• Jak jsou rostliny přizpůsobeny na extrémní suché podmínky?</li> <li>• Proč je na skalách a prudkých svazích omezen růst stromů?</li> <li>• Jaký vliv má zvěř na les? Jaké jsou jejich početní stavy v současné době?</li> <li>• Proč loukám nevádí kosení nebo sečení? Co jim naopak neprospívá?</li> <li>• zápis na tabuli: průběžně, tvořen jen nově osvojovanými pojmy</li> </ul>	<p>Štěpánek et al. (1994)</p> <p>20 min.</p>
<p>Vyučovací metody: dialogické, monologické, projekce (statická)</p> <p>Pomůcky: prezentace</p> <p>Didaktická technika a ostatní potřeby: dataprojektor</p>	

## Prezentace



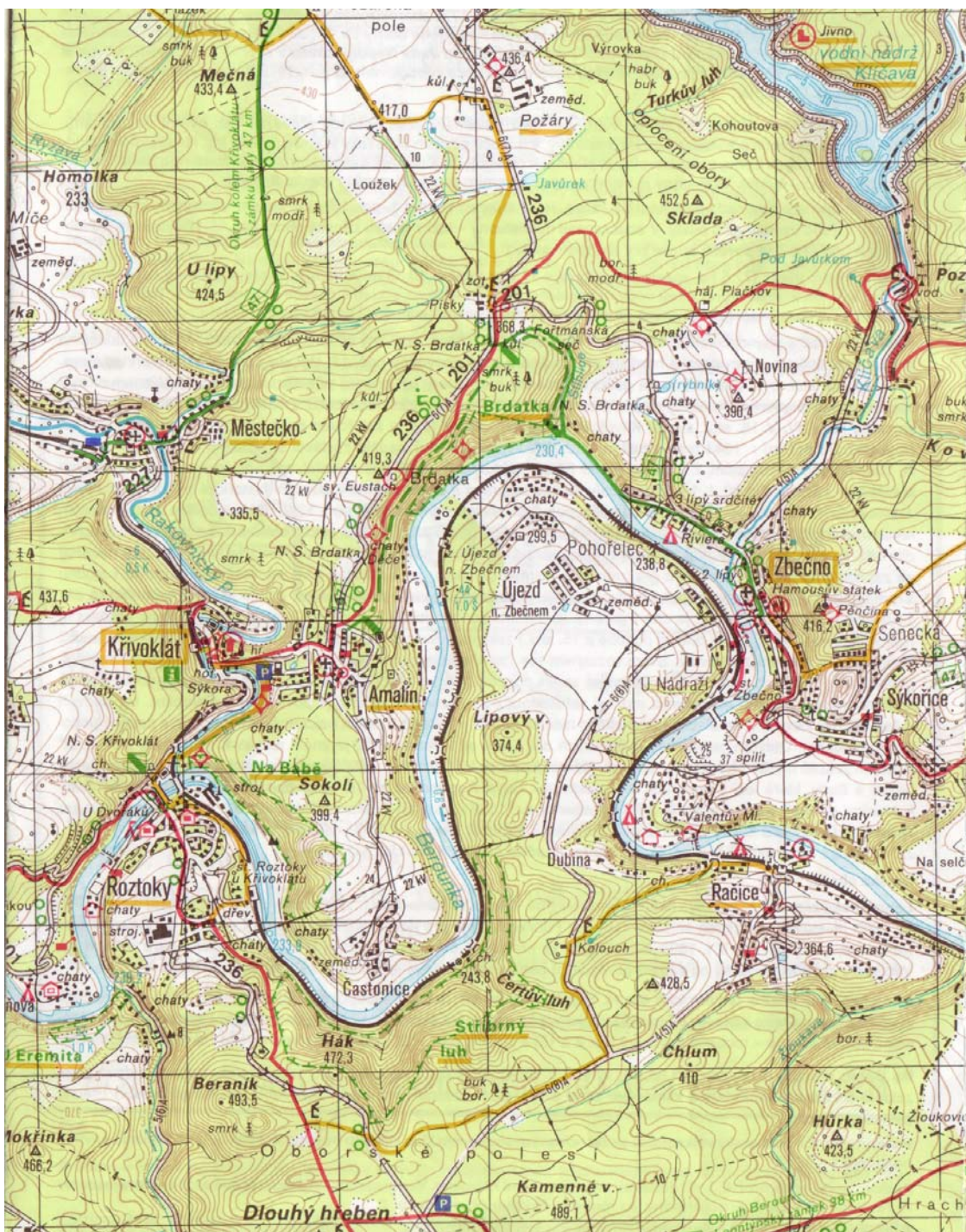


**Příloha 2:** Pracovní listy pro výuku v terénu pro tři skupiny žáků: Stanoviště ovlivněná vodou, Stanoviště ovlivněná člověkem, Teplá a suchá stanoviště; a autorské řešení.

## Stanoviště ovlivněná vodou

(říční a potoční údolí – niva řeky, potoční olšina, lesní prameniště)

**1) Průběžný úkol:** Do mapky si zakreslete postupně celou trasu exkurze a vyznačte jednotlivá stanoviště, která se vztahují k vašemu tématu.



a) Na základě své terénní zkušenosti a údajů v mapě určete v jaké poloze vzhledem k okolnímu terénu (např. dno údolí, vrchol svahu, příp. odhad nadmořské výšky) se vaše lokality nachází:

b) Sklon:

Orientace vůči slunci:

c) Charakteristika stanovišť:

d) Další možné parametry popisující polohu lokalit:

**2) Seřad'te druhy podle jejich náročnosti/extrémnosti stanoviště (od nejméně náročných).**

mechy a lišejníky, mochna jarní, dub zimní, sleziník červený, kostřava ovčí, trnka obecná

1	4
2	5
3	6

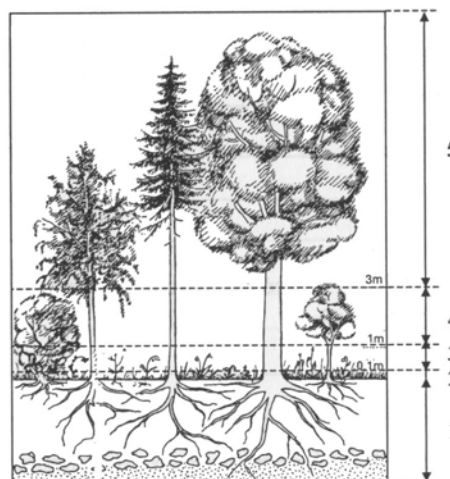
**3) Povodně jsou přirozeným jevem souvisejícím s dynamikou řeky. Organismy, které žijí na pobřeží musí být na kolísání hladiny a případné poničení velkým proudem nějak přizpůsobeny.**

a) Jaký způsobem se s povodněmi vyrovnávají živočichové?

b) Jaký způsobem se s povodněmi vyrovnávají rostliny?

**4) Jaký je význam říční nivy a organismů v ní žijících?**

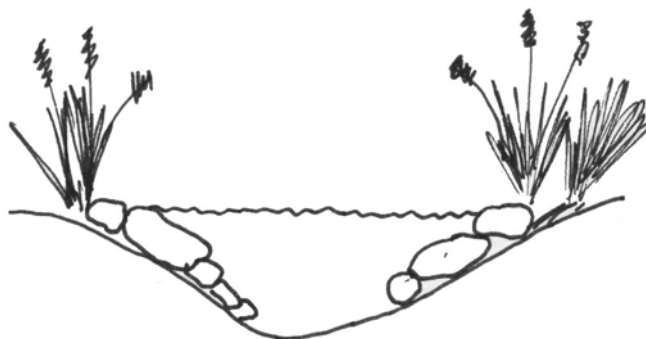
**5) Les je složitý ekosystém.<sup>1</sup>** Organismy zde žijí společně v jednom životním prostoru. S pomocí obrázku doplňte tabulku (uved'te konkrétní příklady rodů rostlin daného patra).



<sup>1</sup> Čížková et al. (2003)

	lesní patra	příklady rostlin	význam pater v lese
5			
4			
3			potrava, skrýš, místo pobytu živočichů
2		mechy (ploník, měřík)	
1	kořenové p.		

**6) V potoce žije mnoho bezobratlých živočichů.** Pozorně se dívejte a zkuste najít co nejvíc druhů. V kterých částech potoka které druhy (typy) žijí? Jedná se o larvy nebo dospělé?



Jak jsou na tento způsob života přizpůsobeni?

Pozorované zástupce si prohlédněte a napište jejich názvy.

### 7) Doplněte text.

Z geologického hlediska náleží PR Brdatka (a celé Křivoklátsko) k Tepelsko-Barrandienské jednotce, která získala název podle známého paleontologa ..... Nejzastoupenější horniny vznikly převážně .....(proces). Jedná se hlavně o tyto horniny: ..... Místy jsou odkryty také bulžníky, které jsou velice tvrdé a odolné vůči zvětrávání. Na všech těchto horninách jsou naváté čtvrtohorní ..... půdy vzniklé v dobách ledových. Z hlediska pH reakce se jedná o ..... horniny.

**8) Zapište fytocenologický snímek v údolí potoka.**

Lokalizace:

Plocha snímku (m<sup>2</sup>): 2×2 m

orientace:

sklon:

Pokryvnost stromového patra (E<sub>3</sub>):Pokryvnost keřového patra (E<sub>2</sub>):Pokryvnost bylinného patra (E<sub>1</sub>):Pokryvnost mechového patra (E<sub>0</sub>):

druh	pokryvnost		označení pokryvnosti	množství rostlin
			1	do 5%
			2	5-25%
			3	25-50%
			4	50-75%
			5	75-100%

**9) Proč mohou růst olše blízko vody a snesou i dočasné zaplavení?**

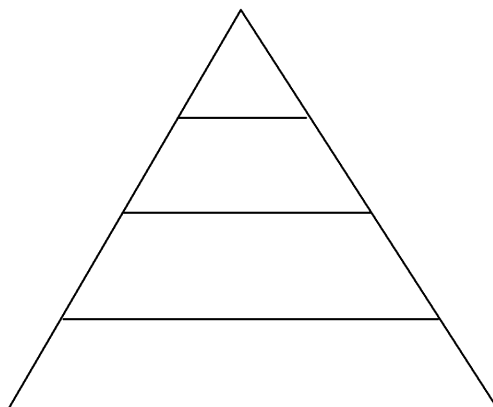
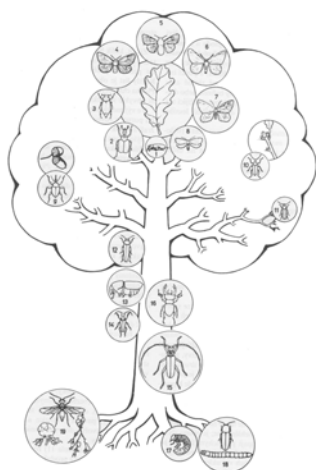
**10) Schematicky zakreslete průřez údolím potoka Štíhlíce. Kde (v jaké části svahu) se vyskytují jednotlivé typy společenstev: dubohabřiny, potoční olšiny, kyselé doubravy, zakrslé doubravy a skalní výchozy?**

**11) Jak se liší trávy od ostatních bylin? Doplňte tabulku.**

znak	trávy	ostatní byliny
regenerační schopnost	malá / velká	malá / velká
kořenový systém		
opylování (čím)		
šíření semen (čím)		
šíření semen (jak daleko)		

**12) Jaký vliv mají nepůvodní dřeviny na složení bylinného patra?**

**13) Na základě obrázku doplňte potravní pyramidu tak, aby odpovídala množství vyprodukované biomasy jednotlivými složkami ekosystému. Tyto složky pojmenujte obecně a uveďte příklady organismů. Která složka potravní pyramidy na obrázku chybí (doplňte)?**



Příklady organismů:

.....

.....

.....

.....

Jakou funkci mají organismy žijící v půdě? A jak se tato složka pyramid nazývá?

**14) Dub zimní nebo dub letní?** Který z těchto dvou druhů je odolnější a schopný růst i na více teplých a suchých (extrémních) stanovištích? Proč?

**15) Které druhy rostou v zakrslých doubravách a skalních stepích? Podtrhněte.**

jestřábník chlupáček, psárka luční, silenka nící, kostřava ovčí, jaterní podléška, kohoutek luční, smolníčka obecná, osladič obecný, mařinka vonná, kokořík mnohokvětý, sasanka hajní, kyčelnice devítilistá, bělozářka liliovitá, pstroček dvoulistý, bažanka vytrvalá

**16) S kterými druhy obratlovců se můžeme setkat v PR Brdatka?** Na jaký typ stanovišť jsou vázání?

Suchá stanoviště:

Údolí potoka:

**17) Častými dřevinami suťových lesů jsou javory, lípy a jasany.**

a) Které druhy těchto dřevin znáte?

b) Podtrhněte ty, které rostou ve zdejším suťovém/svahovém lese.

c) Jak se od sebe zástupci v rámci jednotlivých rodů liší?

**18) Co jsou to říční terasy?**

Jakým způsobem a v jakém období nejvíce vznikaly?

**Otázky pro zajímavost:**

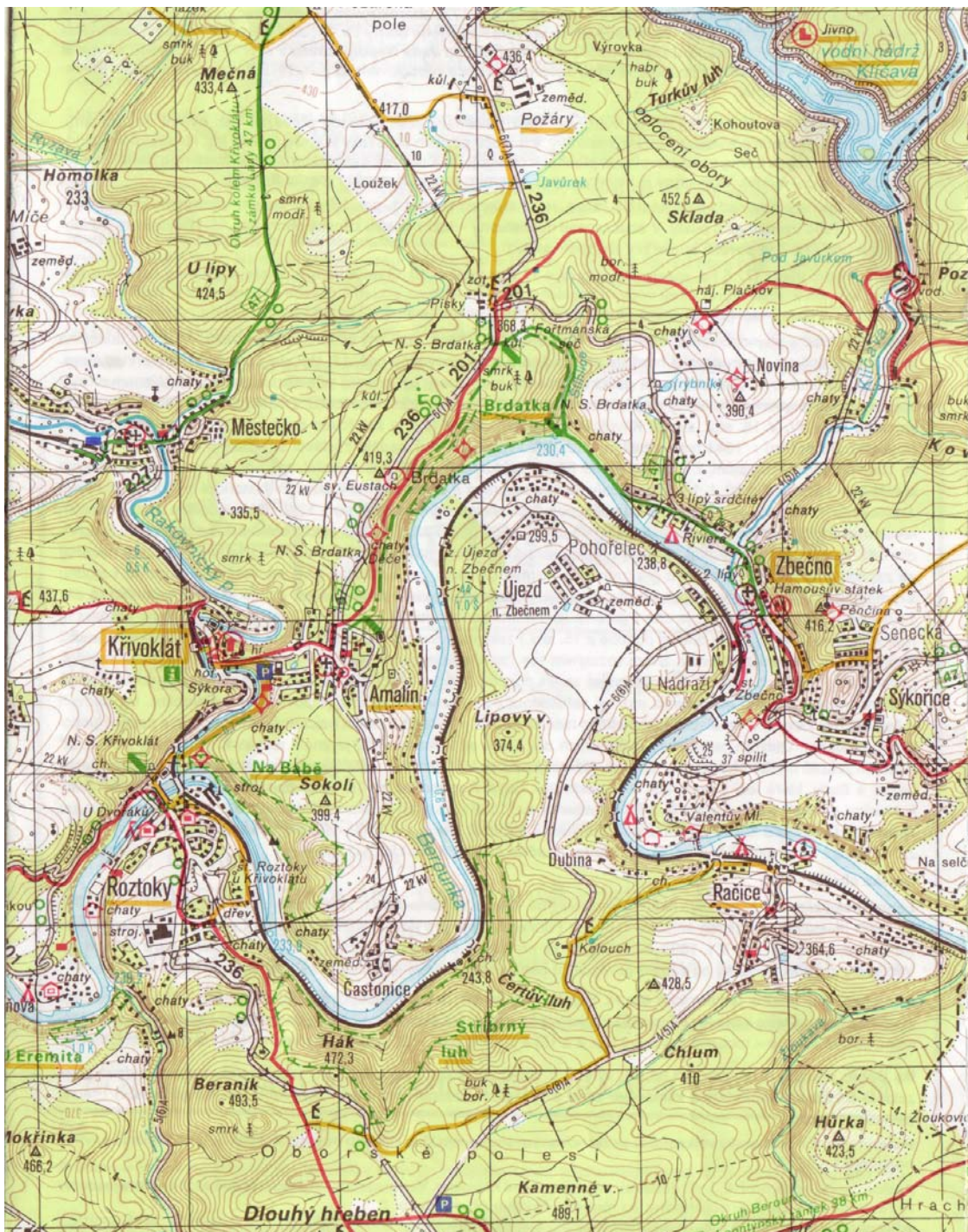
- Které vzácné druhy rostlin jste viděli? A na kterých stanovištích?
- Co je ve znaku CHKO Křivoklátsko a proč (možný důvod)?



## Stanoviště ovlivněná člověkem

(lesní louka, les s nepůvodní druhovou skladbou, obhospodařování lesa)

**1) Průběžný úkol:** Do mapky si zakreslete postupně celou trasu exkurze a vyznačte jednotlivá stanoviště, která se vztahují k vašemu tématu.



a) Na základě své terénní zkušenosti a údajů v mapě určete v jaké poloze vzhledem k okolnímu terénu (např. dno údolí, vrchol svahu, příp. odhad nadmořské výšky) se vaše lokality nachází:

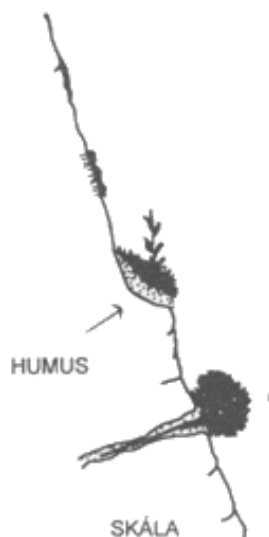
b) Sklon:

Orientace vůči slunci:

c) Charakteristika stanovišť:

d) Další možné parametry popisující polohu lokalit:

**2) Popište obrázek skály a uveďte příklady rostlin na jednotlivých stanovištích.**



Které organismy jsou schopné kolonizovat skály jako první?

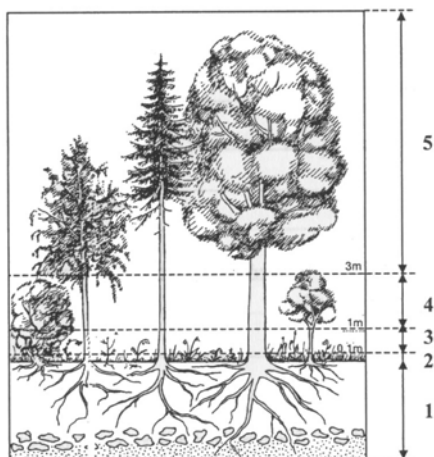
**3) Vyberte, co nepatří do ekosystému říční niva.**

Řeka, štěrk a náplavy, semena rostlin, vrby a topoly, kopřiva dvoudomá, rákosník, chrastice rákosovitá, rákos obecný, zmije obecná, užovka plamatá, netýkavka žláznatá, motýlice, vážka, chaty, buk, ještěrka obecná, mateřídouška vejčitá, velké množství živin (dusík)

**4) Proč by se neměly stavět např. chaty či domy v povodňové zóně/nivě řeky?**

Jaký je skutečný význam nivy a organismů v ní žijících?

**5) Les je složitý ekosystém.<sup>2</sup>** Organismy zde žijí společně v jednom životním prostoru. S pomocí obrázku doplňte tabulku (uved'te konkrétní příklady rodů rostlin daného patra).



	lesní patra	příklady rostlin	význam pater v lese
5			
4			
3			potrava, skrýš, místo pobytu živočichů
2		mechy (ploník, mčřík)	
1	kořenové p.		

**6) Kdy v listnatém lese vykvétá nejvíc druhů rostlin?**

a) Proč kvetou právě v tomto ročním období?

b) Příklady rostlin kvetoucích brzy zjara:

c) Příklady rostlin kvetoucích v létě:

**7) Které typy hornin znáte? Uved'te ke každému typu konkrétní příklady.**

typ hornin	příklady

<sup>2</sup> Čížková et al. (2003)

Které horniny převládají v PR Bradatka a ke kterému typu patří?

**8) Schematicky zakreslete průřez údolím potoka Štíhlíce.** Kde (v jaké části svahu) se vyskytují jednotlivé typy společenstev: dubohabřiny, potoční olšiny, kyselé doubravy, zakrslé doubravy a skalní výchozy?

**9) Louka představuje ekosystém uměle udržovaný člověkem. Co se stane, když louku přestaneme kosit a jinak obhospodařovat?**

a) Jak se tento proces v ekologii nazývá?

b) Stručně popište jeho průběh.

**10) Zapište fytocenologický snímek na louce.**

Lokalizace:

Plocha snímku (m<sup>2</sup>): 1×1 m

orientace:

sklon:

Pokryvnost stromového patra (E<sub>3</sub>):

Pokryvnost keřového patra (E<sub>2</sub>):

Pokryvnost bylinného patra (E<sub>1</sub>):

Pokryvnost mechového patra (E<sub>0</sub>):

druh	pokryvnost		označení pokryvnosti	množství rostlin
			1	do 5%
			2	5-25%
			3	25-50%
			4	50-75%
			5	75-100%


**11) Pomocí smýkačky na odchyt hmyzu odeberte vzorek hmyzu vyskytující se na louce. Které druhy zde pozorujete?**

Na kterých částech rostlin se různé druhy hmyzu vyskytují a jaký mají pro rostliny význam?

**12) Uveďte klady a zápory vysazování lesa.**

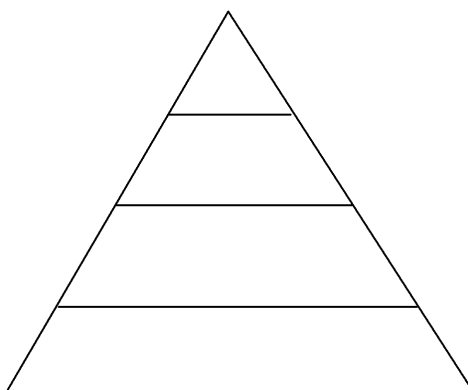
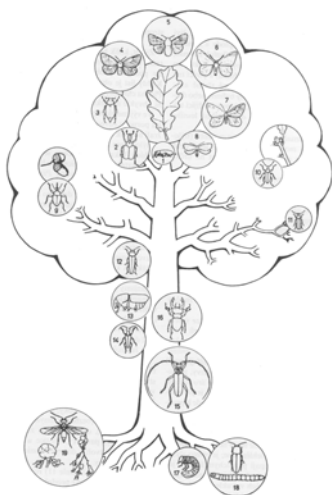
klady	zápory

Co byste doporučili – les vysazovat nebo nechat přirozenému vývoji? A proč?

**13) Které nepůvodní dřeviny jsou vysazeny na trase exkurze? (zapisujte postupně v průběhu cesty).**

stromy	keře

**14) Na základě obrázku doplňte potravní pyramidu tak, aby odpovídala množství vyprodukované biomasy jednotlivými složkami ekosystému. Tyto složky pojmenujte obecně a uveďte příklady organismů. Která složka potravní pyramidy na obrázku chybí (doplňte)?**



Příklady organismů:

.....

.....

.....

.....

Jakou funkci mají organismy žijící v půdě? A jak se tato složka pyramidy nazývá?

**15) Na kterém obrázku je zachycen dub zimní a na kterém dub letní?**



.....

a) Na obrázcích vyznačte odlišné (určovací) znaky u obou druhů a slovně je popište.

b) Který druh roste na extrémnějších stanovištích (tedy i zde)?

**16) Ze seznamu rostlin vyberte (podtrhněte) druhy teplých a suchých stanovišť.**

kostřava ovčí, jaterní podléška, kohoutek luční, mochna jarní, pomněnka bahenní, mateřídouška vejčitá, psárka luční, tařice skalní, sleziník červený, mařinka vonná, rožec obecný, sasanka hajní, kyčelnice cibulkonosná, bělozářka liliovitá

**17) Na staré dřevo a stromy jsou vázány některé skupiny živočichů. Uveďte alespoň 5 příkladů.**

**18) Co jsou to říční terasy?**

Čím lze geologické období jejich vzniku charakterizovat?

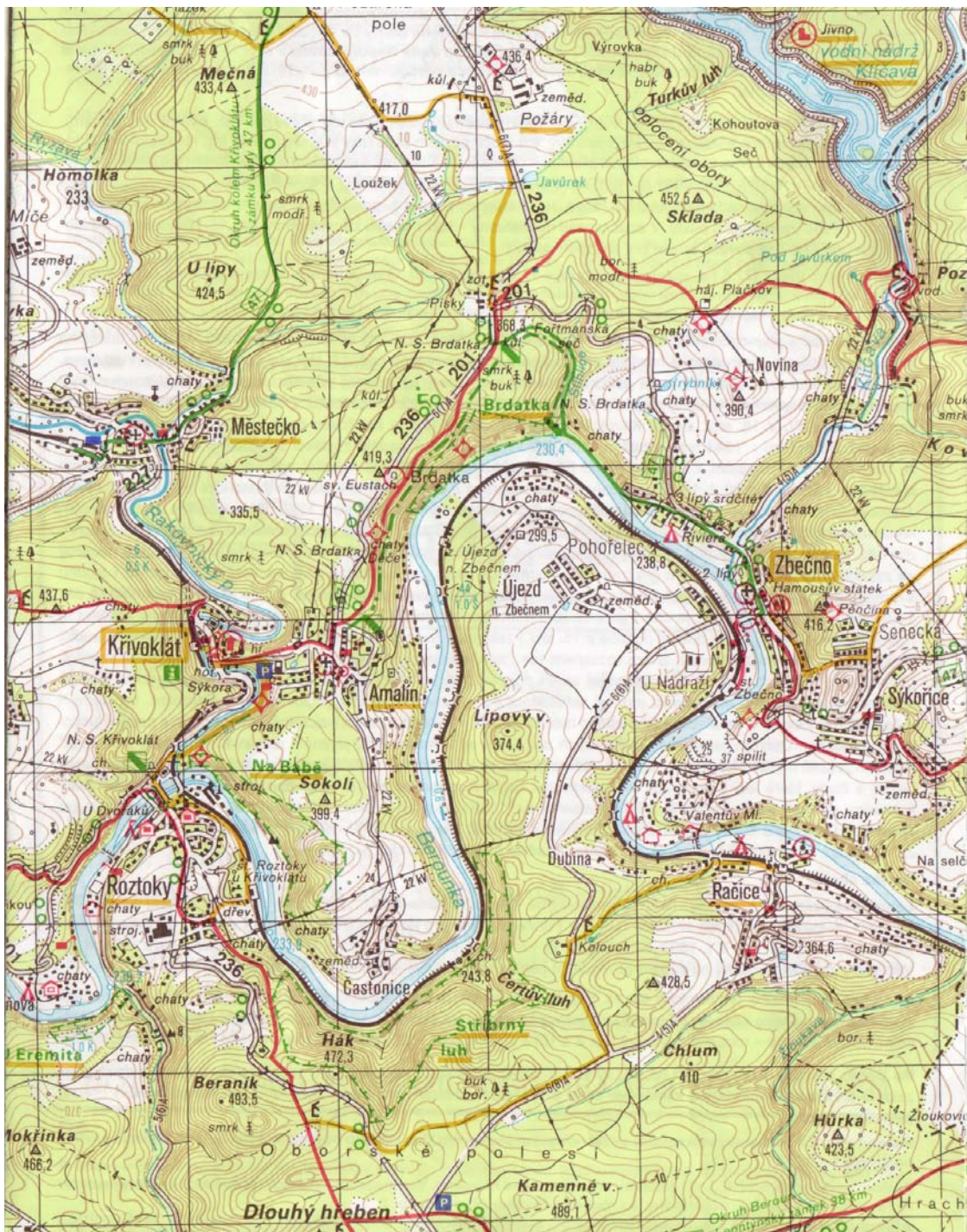
**Otázky pro zajímavost:**

- Které vzácné druhy rostlin jste viděli? A na kterých stanovištích?
- Co je ve znaku CHKO Křivoklátsko a proč (možný důvod)?



## Teplá a suchá stanoviště (skály a skalní stepi, zakrslé doubravy)

**1) Průběžný úkol:** Do mapky si zakreslete postupně celou trasu exkurze a vyznačte jednotlivá stanoviště, která se vztahují k vašemu tématu.





a) Na základě své terénní zkušenosti a údajů v mapě určete v jaké poloze vzhledem k okolnímu terénu (např. dno údolí, vrchol svahu, příp. odhad nadmořské výšky) se vaše lokality nachází:

b) Sklon:

Orientace vůči slunci:

c) Charakteristika stanovišť:

d) Další možné parametry popisující lokality:

**2) Pozorně si prohlédněte několik skalních rostlin a pokuste se zjistit, jakým způsobem jsou na extrémní podmínky přizpůsobeny. Uveďte konkrétní příklady.**

přizpůsobení	příklady rostlin

**3) Proč na stepi, skalní stepi nebo skále neroste les?**

Na kterých jiných stanovištích se stromům také nedaří? Uveďte také příklady, kde se těmito stanovišti můžeme v ČR setkat.

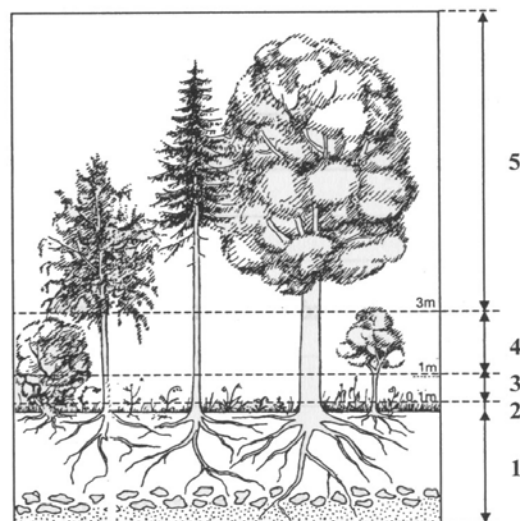
**4) Seřad'te druhy podle stoupajících nároků na živiny (1 – nejméně náročný, 6 – nejvíce náročný).**

bršlice kozí noha, kostřava ovčí, psárka luční, hrachor jarní, kopřiva dvoudomá, sleziník červený

1	4
2	5
3	6

**5) Které rostliny jsou charakteristické pro říční nivu?**

**6) Les je složitý ekosystém.**<sup>3</sup> Organismy zde žijí společně v jednom životním prostoru. S pomocí obrázku doplňte tabulku (uved'te konkrétní příklady rodů rostlin daného patra).



	lesní patra	příklady rostlin	význam pater v lese
5			
4			
3			potrava, skrýš, místo pobytu živočichů
2		mechy (ploník, měřík)	
1	kořenové p.		

**7) Nakreslete a popište půdní profil v údolí potoka.**

a) K jednotlivým vrstvám přiřaďte tyto názvy: matečná hornina, humusová vrstva, sprašové hlíny (prachovice)

b) Která vrstva je nejstarší a která naopak nejmladší a proč?

c) Z kterého geologického období pocházejí sprašové hlíny a jakým způsobem vznikaly (s jakými procesy souvisí jejich vznik)?

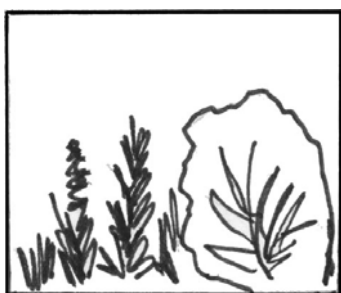
<sup>3</sup> Čížková et al. (2003)

8) Ke každé rostlině v tabulce napište stanoviště, na kterém se nejčastěji vyskytuje.

rožec obecný		sasanka hajní	
orsej jarní		dymnivka dutá	
pomněnka lesní		kopretina obecná	
osladič obecný		rozchodník bílý	

9) Schematicky zakreslete průřez údolím potoka Štíhlíce. Kde (v jaké části svahu) se vyskytují jednotlivé typy společenstev: dubohabřiny, potoční olšiny, kyselé doubravy, zakrslé doubravy a skalní výchozy?

10) Seřad'te obrázky zachycující sled dějů probíhajících po opuštění louky, podle toho, jak na sebe jednotlivá stádia vývoje navazují. Ke každému obrázku (A –F) napište stručnou charakteristiku a uveďte příklad rostlin charakteristických pro dané stádium.



A



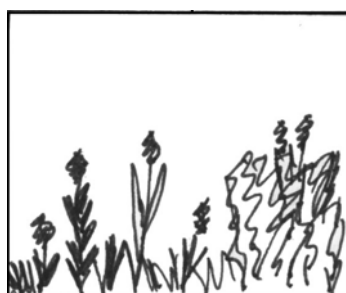
B



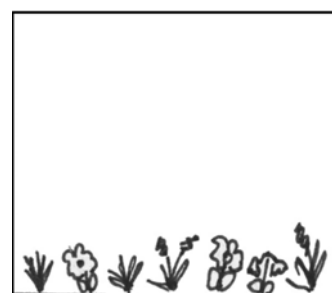
C



D



E



F

pořadí	obr. písmeno	charakteristika	rostliny
1			
2			
3			
4			
5			
6			

**11) Louka a step** – dva zdánlivě velice podobné ekosystémy a přesto fungují jinak.

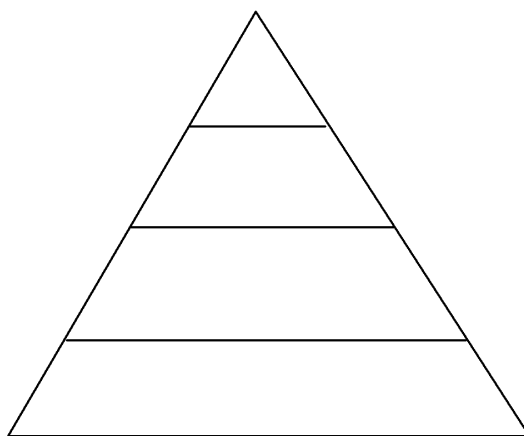
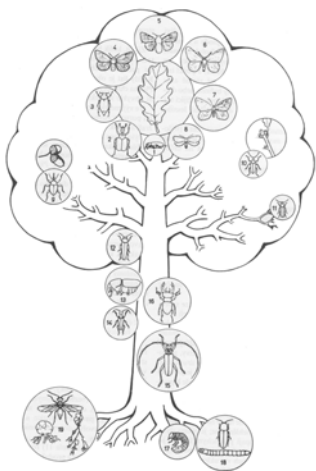
a) Co mají společného?

b) Čím se naopak liší?

**12) Co je charakteristické pro monokulturní porosty? Uveďte jejich klady a zápory.**

klady	zápory

**13) Na základě obrázku doplňte potravní pyramidu tak, aby odpovídala množství vyprodukované biomasy jednotlivými složkami ekosystému. Tyto složky pojmenujte obecně a uveďte příklady organismů. Která složka potravní pyramidy na obrázku chybí (doplňte)?**



Příklady organismů:

.....

.....

.....

.....

Jakou funkci mají organismy žijící v půdě? A jak se tato složka pyramidy nazývá?

**14) Zakrslá doubrava** získala svůj název podle zakrslého vzrůstu stromů.

Změřte výšky stromů (vždy několik jedinců) v kyselé doubravě a v zakrslé doubravě. Jak moc se hodnoty liší?

Kyselá doubrava – výška:

Zakrslá doubrava – výška:

Rozdíl průměrných hodnot:

Čím je tento malý vzrůst způsoben?

**15) Které druhy stromů převažují v zakrslém lese?**

Proč právě tyto druhy? Pokuste se přijít na to, jaké mechanismy jim umožňují zde přežít a růst.

**16) Zapište fytocenologický snímek v zakrslé doubravě**

Lokalizace:

Plocha snímku (m<sup>2</sup>): 2×2 m

orientace:

sklon:

Pokryvnost stromového patra (E<sub>3</sub>):Pokryvnost keřového patra (E<sub>2</sub>):Pokryvnost bylinného patra (E<sub>1</sub>):Pokryvnost mechového patra (E<sub>0</sub>):

druh	pokryvnost		označení pokryvnosti	množství rostlin
			1	do 5%
			2	5-25%
			3	25-50%
			4	50-75%
			5	75-100%

17) Doplňte tabulku: K jednotlivým číslům na obrázku (1 - 6) přiřaďte typ společenstva (A – F) a napište příklady rostlin.



- A suchý trávník
- B křoviny
- C skalní výchoz
- D normální les
- E horní hrana skály
- F zakrslá doubrava

	společenstvo	příklady rostlin
1		
2		
3		
4		
5		
6		

18) Co jsou to říční terasy?

Která terasa je nejmladší a která nejstarší (stačí jejich poloha vůči řece)?

Otázky pro zajímavost:

- Které vzácné druhy rostlin jste viděli? A na kterých stanovištích?
- Co je ve znaku CHKO Křivoklátsko a proč (možný důvod)?

## Autorské řešení:

### **Stanoviště ovlivněná vodou**

- 1) a) údolí Berounky (230 m n.m.), údolí potoka Štíhlíce (nejvyšší bod 350 m n.m.), b) sklon 20–30° (údolí potoka), c) vlhko, u řeky – hodně živin, nitrofilní druhy rostlin, u potoka – dno inverzního údolí → chladno
- 2) 1 – mechy a lišejníky, 2 – sleziník červený, 3 – kostřava ovčí, 4 – mochna jarní, 5 – trnka obecná, 6 – dub zimní
- 3) a) utečou, b) musí přečkat → např. tvoří výběžky – rychlá vegetativní obnova, liánovitě rostliny, jednoleté rostliny (přečkají semena)
- 4) zadržování vody v krajině (povodně i sucho), ukládání sedimentů na březích → samočištění řeky, kořeny rostlin zpevňují břeh, životní prostředí (množení, potrava, úkryt)
- 5) 5 – stromové – dub, buk, habr, lípa – potrava, ochrana, místo pobytu živočichů a rostlin, 4 – keřové – hloh, trnka, jeřáb, bez – potrava, úkryt, ochrana, 3 – bylinné – kaprad', šťavel, violka, sasanka, orsej, mařinka, 2 – mechové – zásobárna vody, potrava, životní prostředí, 1 – kořeny rostlin, odumřelé zbytky rostlin i živočichů – tvorba půdy a humusu, zásobárna vody, minerálních látek
- 6) na spodní straně kamenů a mezi vegetací – zploštělé tělo → uchycení se – dospělci (ploštěnky, blešivec, beruška), larvy (chrostíci, jepice)
- 7) Joachim Barrande – usazováním – břídlíce – sprašové – kyselé
- 8) viz ukázka pracovní list (příloha 3)
- 9) snesou dočasný nedostatek kyslíku při zaplavení, korálkové hlízky se symbiotickými bakteriemi → fixace vzdušného dusíku → do kořenového systému olše předán jako organická dusíkatá sloučenina
- 10) od dna údolí: potoční olšiny → dubohabřiny → kyselé doubravy → zakrslé doubravy a skalní výchozy
- 11) velká – malá; svazčitý, mohutný – svazčitý nebo hlavní a postranní; vítr – hmyz nebo vítr; vítr – zvěr, vítr, člověk; daleko – různá vzdálenost
- 12) mění druhové složení bylin, ..., některé zabraňují růstu dalších rostlin v podrostu (akát, dub červený)
- 13) producenti (rostliny: dub, lipnice, chrpa) → fytofágové (mšice, brouci, motýli) → predátoři 1. řádu (lumci, lumčíci, vosy, pavouci, střevlíci) → predátoři vyšších řádů (jezci rejsci, práci – žluna, člověk); v pyramidě chybí rozkladači – rozklad mrtvé organické hmoty → vnik anorganických látek a tvorba humusu: chvostokoci, houby, žížaly
- 14) dub zimní – snese větší zimu i sucho
- 15) ještěbník chlupáček, silenka níčí, kostřava ovčí, smolníčka obecná, bělozářka liliovitá
- 16) sucho: ještěrka, jezevec, výr, kuna, šplhavci – datel, strakapoud, žluna, šoupálek, včelojed, ještěb, krahulec; vlhko: užovka, kachna, kapr, lín, cejn, jelec, parma, štika, rak kamenáč, rak říční, čolek, mlok, skokan, skorec, konipas, ledňáček
- 17) javor – klen, mléč, babyka, lípa – srdčitá, velkolistá, jasan ztepilý; v suťovém lese mohou být všechny tyto druhy; tvar listů, tvar plodů u javoru (nažky), barva chloupků na spodu listu lípy (světlé → lípa velkolistá x rezavé → lípa srdčitá)
- 18) naplavený říční materiál v údolí (meandrech) Berounky – vznik ve čtvrtohorách, v dobách ledových a meziledových → větší tok řeky → zahlubování a usazování materiálu

### **Stanoviště ovlivněná člověkem**

- 1) a) ve vyšší nadmořské výšce než Berounka (350–370 m n. m.), ale ne příliš na svahu, b) sklon 5–10°, c) louka a vysázený les, d) v blízkosti silnice a sídlo (Písky)
- 2) od shora: řasy a lišejníky – polštářové rostliny (mateřídouška) a trsy trav (kostřava sivá) – rostliny ve spárách skal (tařice skalní, sleziníky); 1. kolonizátoři – řasy a sinice
- 3) rákos obecný, chaty, buk, ještěrka obecná, mateřídouška vejčitá, (zmije obecná)



- 4) hrozi jejich zaplavení; význam niv – zadržování vody v krajině (povodně i sucho), ukládání sedimentů na březích → samočištění řeky, kořeny rostlin zpevňují břeh, životní prostředí (množení, potrava, úkryt)
- 5) 5 – stromové – dub, buk, habr, lípa – potrava, ochrana, místo pobytu živočichů a rostlin, 4 – keřové – hloh, trnka, jeřáb, bez – potrava, úkryt, ochrana, 3 – bylinné – kaprad', šťavel, violka, sasanka, orsej, mařinka, 2 – mechové – zásobárna vody, potrava, životní prostředí, 1 – kořeny rostlin, odumřelé zbytky rostlin i živočichů – tvorba půdy a humusu, zásobárna vody, minerálních látek
- 6) na jaře; a) využívají většího množství světla v podrostu – stromy ještě nemají listy, b) orsej jarní, sasanka hajní a pryskyřníkovitá, jaterník podléška, lecha jarní, dymnivka dutá, mařinka vonná, kyčelnice devítilistá a cibulkonosná, c) trávy, žindava evropská, ostřice třeslicovitá
- 7) usazené – břidlice, pískovce, slepence; vyvěřelé – žuly, andezity, dacity, (bulžníky); přeměněné – svor, ortorula, mramor; PR Brdatka – starohorní břidlice = usazené horniny, bulžníky
- 8) od dna údolí: potoční olšiny → dubohabřiny → kyselé doubravy → zakrslé doubravy a skalní výchozy
- 9) postupně zaroste lesem; a) sukcese, b) narušené stanoviště (např. pokosená louka) → louka se nekosí a zarůstá vysokými bylinami → nástup křovin → primitivní les → les
- 10) viz ukázka pracovní list (příloha 3)
- 11) květ – opylení, fytofágové; plod, stonek, listy – fytofágové; kořeny – symbióza, rozklad a provzdušňování
- 12) klady: rychlejší obnova, druhy upřednostňované a využitelné člověkem, kvalitní produkce dřeva, přirozené druhové složení → „dobré pro les – pomoc“; zápory: kácení → poškození podrostu i půdní fauny, často monokultury a nepůvodní druhy, nepřirozené druhové složení → stromy nepřizpůsobené → nemoci, škůdci, ..., nutné větší zásahy člověka na udržení
- 13) stromy: dub červený, trnovník akát, borovice vejmutovka a černá, douglaska tisolistá; keře: zimolez zahradní, šeřík, štědřenec
- 14) producenti (rostliny: dub, lipnice, chrpa) → fytofágové (mšice, brouci, motýli) → predátoři 1. řádu (lumci, lumčiči, vosy, pavouci, střevlíci) → predátoři vyšších řádů (ježci rejsci, práci – žluna, člověk); v pyramidě chybí rozkladači – rozklad mrtvé organické hmoty → vznik anorganických látek a tvorba humusu: chvostokoci, houby, žížaly
- 15) a) 1. dub zimní – list má delší řapík a pozvolné nasedání čepele, krátká stopka plodů; 2. dub letní – kratší řapík, čepel na bázi srdčitá, delší stopka plodů; b) dub zimní
- 16) kostřava ovčí, mochna jarní, mateřídouška vejčitá, tařice skalní, sleziník červený, rožec obecný, bělozářka liliovitá
- 17) roháč, tesařík, kůrovec, žluna, datel, strakapoud
- 18) naplavený říční materiál v údolí (meandrech) Berounky – vznik ve čtvrtohorách – střídání dob ledových a meziledových → vliv na velikost průtoku řeky

### Teplá a suchá stanoviště

- 1) a) vrchol svahu, příkré stráně, skála (370 m n. m.), b) 30–40°, jižní orientace, c) suchá stanoviště, málo půdy a živin
- 2) nenáročnost, schopnost přichytit se na skále – řasy a sinice; proniknutí a aktivní rozrušení skály – tařice, sleziník; sukulence – rozchodník, netřesk; jednoleté rostliny – rozrazil, pomněnka, osívka; odolné trsnaté trávy → svinuté listy, husté trichomy – kostřava ovčí, kostřava sivá; polštářové rostliny (trvalky) – mateřídouška, chmerek, mochna
- 3) nepříznivé podmínky → málo živin, půdy, vody, málo prostoru (např. spáry skal); další bezlesá stanoviště – rašeliniště, mokřady, písčiny, vysokohorské bezlesí
- 4) 1 – sleziník červený, 2 – kostřava ovčí, 3 – hrachor jarní, 4 – psárka luční, 5 – bršlice kozi noha, 6 – kopřiva dvoudomá
- 5) nitrofilní druhy – lebedy, merlíky, rdesna, šťovíky; druhy schopné rychle vegetativně regenerovat – chřastice rákosovitá, kopřiva dvoudomá; liánovité rostliny – opletník, lilek potměchut'

- 6) 5 – stromové – dub, buk, habr, lípa – potrava, ochrana, místo pobytu živočichů a rostlin, 4 – keřové – hloh, trnka, jeřáb, bez – potrava, úkryt, ochrana, 3 – bylinné – kaprad', šťavel, violka, sasanka, orsej, mařinka, 2 – mechové – zásobárna vody, potrava, životní prostředí, 1 – kořeny rostlin, odumřelé zbytky rostlin i živočichů – tvorba půdy a humusu, zásobárna vody, minerálních látek
- 7) a) odspoda: matečná hornina → sprašové hlíny (větší mocnost, např. zde 2–3 m) → humusová vrstva (cca 20 cm); b) nejstarší je matečná hornina (břidlice), nejmladší humus; c) čtvrtohory – doby ledové → suché a studené stepi (naše území) → naváté sedimenty prachu
- 8) rožec obecný – suchá stanoviště, u cest, orsej jarní – les, pomněnka lesní – les (vlhko), osladič obecný – zastíněné skály, sasanka hajní – les, dymnivka dutá – les, okolí potoka, kopretina obecná – louka, rozchodník bílý – skála
- 9) od dna údolí: potoční olšiny → dubohabřiny → kyselé doubravy → zakrslé doubravy a skalní výchozy
- 10) 1B – rozvolněný porost bylin (často jednoletých), místy mechy a nezarostlé prostory – pryskyřník hlíznatý, kokoška pastuší tobolka, penízek rolní; 2G – zapojený trávník (květnatá louka) s travami a kvetoucími bylinami – lipnice luční, bojínek luční, kohoutek luční, pryskyřník prudký; 3F – postupné zarůstání louky vyššími a na živiny náročnějšími bylinami – dobromysl obecná, kozinec sladkolistý, chřastavec rolní, třtina rákosovitá; 4A – zarůstání keří a vznik křovin – luční rostliny + trnka, růže šípková, ostružiník, semenáčky stromů; 5C – začínají se vyskytovat roztroušeně stromy – luční byliny + keře + bříza, habr, dub; 6E – zapojený les – dub, habr, buk + lesní byliny (sasanka, konvalinka, orsej)
- 11) a) dominanta = trávy, b) louka – umělý ekosystém, bez udržování člověkem → postupně zaroste; step – bezlesí udržované vlivem nepříznivých stanovištních podmínek → nezarůstá
- 12) klady: „rychlá a snadná“ umělá obnova lesa, produkce dřeva; zápory: stejnověkové porosty, druhy neodpovídající daným stanovištním podmínkám a nadmořské výšce (např. smrk) → stromům se příliš nedaří, více napadány škůdci, chorobami, větší dopad „kalamit“ (vítr, sníh)
- 13) producenti (rostliny: dub, lipnice, chrpa) → fytofágové (mšice, brouci, motýli) → predátoři 1. řádu (lumci, lumčíci, vosy, pavouci, střevlíci) → predátoři vyšších řádů (ježci rejsci, práci – žluna, člověk); v pyramidě chybí rozkladači – rozklad mrtvé organické hmoty → vnik anorganických látek a tvorba humusu: chvostoskokci, houby, žížaly
- 14) v zakrslé doubravě menší vzrůst stromů → nepříznivé stanovištní podmínky (málo půdy, živin, sucho, místy i skalní podklad)
- 15) dub zimní – snese sucho a větší mráz v zimě; borovice lesní – druh schopný růst na zamokřených a suchých stanovištích → intenzivní kořenový systém → zisk vody z větší hloubky
- 16) viz ukázka pracovní list (příloha 3)
- 17) 1D – lišejníky, sleziník; 2F – mechy, sukulenty (rozchodník), jednoleté byliny (rozrazil); 3A – kostřava ovčí, mochna jarní, mateřídouška, jestřábník chlupáček; 4B – trnka, hloh, svída, růže; 5G – dub zimní, jeřáb břek a muk; 6E – dub zimní, habr, borovice
- 18) naplavený říční materiál v údolí (meandrech) Berounky – nejmladší terasa nejbližší u řeky, nejstarší je nejdále od řeky (největší mocnost) = Pohořelecká terasa, na ní dnes Újezd nad Zbečnem

Otázky pro zajímavost (společné pro všechny pracovní listy):

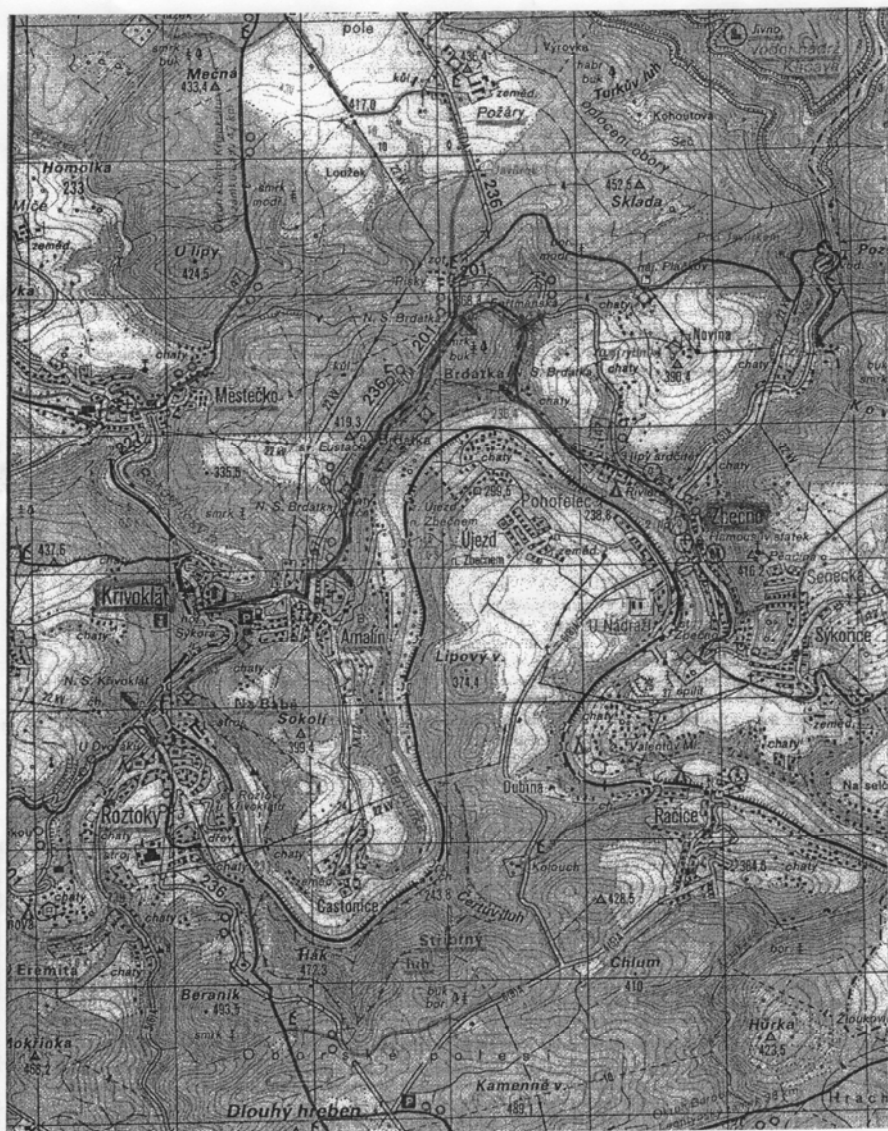
- bělozářka liliovitá (zakrslá doubrava, skála), tařice skalní (skála), měsíčnice vytrvalá (suťový les)
- kyčelnice devítilistá – typický druh Křivoklátska a bučin

Podpis: *Studnička*

Datum: 29.5.2008

**Stanoviště ovlivněná vodou a v jejím okolí**  
(říční a potoční údolí – niva řeky, potoční olšina, lesní prameniště)

1) **Průběžný úkol:** Do mapky si zakreslete postupně celou trasu exkurze a vyznačte jednotlivá stanoviště, která se vztahují k vašemu tématu.



a) Na základě své terénní zkušenosti a údajů v mapě určete v jaké poloze vzhledem k okolnímu terénu (např. dno údolí, vrchol svahu, příp. odhad nadmořské výšky) se vaše lokality nachází:

b) Sklon:  $40^\circ$

Orientace vůči slunci: *sever*

c) Charakteristika stanovišť: *valná přehra*

d) Další možné parametry popisující polohu lokalit:

2) Seřad'te druhy podle jejich náročnosti/extrémnosti stanoviště (od nejméně náročných).

mechy a lišejníky, mochna jarní, dub zimní, sleziník červený, košťava ovčí, trnka obecná

1 *mechy a lišejníky*

4 *mochna jarní*

2 *košťava ovčí*

5 *trnka obecná*

3 *sleziník červený*

6 *dub zimní*

3) Povodně jsou přirozeným jevem souvisejícím s dynamikou řeky. Organismy, které žijí na pobřeží musí být na kolísání hladiny a případné poničení velkým proudem nějak přizpůsobené.

a) Jaký způsobem se s povodněmi vyrovnávají živočichové?

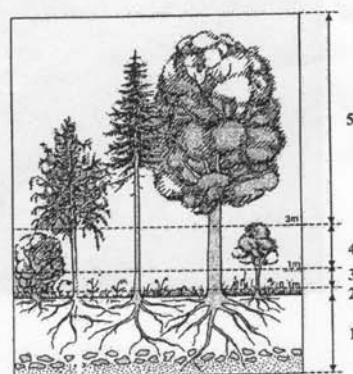
*utěk*

b) Jaký způsobem se s povodněmi vyrovnávají rostliny?

*paru' řeky, slonky, paru' přelivy, jednokvětá rostliny - umění*

4) Jaký je význam říční nivy a organismů v ní žijících? *sláma, sadířoviny, tráva, pš. pšenice, kukuř. sadířoviny, sadířoviny, kukuř. sadířoviny, kukuř. sadířoviny*

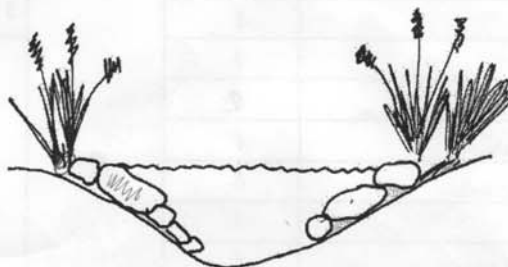
5) Les je složitý ekosystém. Organismy zde žijí společně v jednom životním prostoru. S pomocí obrázku doplňte tabulku (uveďte konkrétní příklady rodů rostlin daného patra).



	lesní patra	příklady rostlin	význam pater v lese
1	STROMOVÉ P.	jilm, habr, buk, jaseň, smrk	úbytek, mláďata, domov živočichů
2	KEŘOVÉ P.	malina, ruža, potok	potrava
3	BYLINNÉ P.	prstýpek, habr, smrk, ruce, jarek	potrava, skrýš, místo pobytu živočichů
4	MECHOVÉ P.	mechy (ploník, měřík)	radostná místa, mláďata, potrava
5	kořenové p.	střeva, hrubý, (báblík)	mláďata, mláďata, mláďata

6) V potoce žije mnoho bezobratlých živočichů. Pozorně se dívejte a zkuste najít co nejvíc druhů. V kterých částech potoka které druhy (typy) žijí? Jedná se o larvy nebo dospělé?

bláha  
beuška  
přelínky  
larvy jímky



Jak jsou na tento způsob života přizpůsobeni?

dýchání pod vodou, přelínky, přelínky, larvy se rozvíjejí i dříve

Pozorované zástupce si prohlédněte a napište jejich názvy.

bláha  
beuška  
přelínky  
jímky  
přelínky

7) Doplně text.

Z geologického hlediska náleží PR Brdatka (a celé Křivoklátsko) k Tepelsko-Barrandienské jednotce, která získala název podle známého paleontologa JOSEFA BARRANDY. Nejzastoupenější horniny vznikly převážně BEŽNÝMI (proces). Jedná se hlavně o tyto horniny: BEŽNÝMI. Místa jsou odkryta také bulžníky, které jsou velice tvrdé a odolné vůči zvětrávání. Na všech těchto horninách jsou naváté čtvrtohorní PR. půdy vzniklé v dobách ledových. Z hlediska pH reakce se jedná o Kyselá horniny.

8) Zapište fytoocenologický snímek v údolí potoka

Lokalizace: údolí potoka

Plocha snímku (m<sup>2</sup>): 2×2 m

orientace: východ

sklon: 40°

Pokryvnost stromového patra (E<sub>3</sub>): 20%

Pokryvnost keřového patra (E<sub>2</sub>): 0%

Pokryvnost bylinného patra (E<sub>1</sub>): 80%

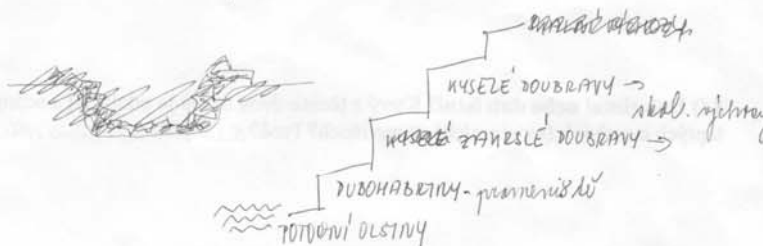
Pokryvnost mechového patra (E<sub>0</sub>): 10% 5%

druh	pokryvnost	označení pokryvnosti	množství rostlin
mch stepů	21	1	do 5%
buk lesní	21	2	5-25%
klečostka mokrá	1	3	25-50%
prýstřížník	2	4	50-75%
hlásek bylý	1	5	75-100%
mchů	1		
maňinka stromá	2		
žlutáček divoký	1		
habička maňinká	1		
černáček	1		
kapraček stromá	1		
kapradě	1		
čikádka stromá	1		
ostřice křehká	1		
ostřice jarní	2		

9) Proč mohou růst olše blízko vody a snesou i dočasné zaplavení?

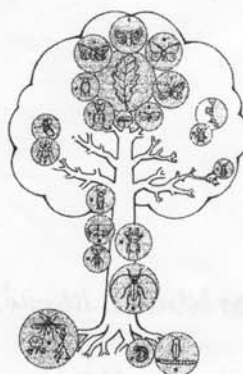
prolézají do stromů (velké množství) vody, které hlísky - buklí - vodní řin

напрям



nový systém	nový	1 'nový' kšén
lování (čím)	řekou	Amymu
ní semen (čím)	řekou	opylující
ní semen (jak daleko)	hroší daleko	menší náletoví

račiňáci púšťajú roškovy - roškovak roško, málo bylo  
pod alky - roškováčik



slaskoprud; kuma, vjsci  
bucur - rshv  
dub  
bakterie



Jakou funkci mají organismy žijící v půdě? A jak se tato složka pyramidy nazývá?

rozkladateli - rozkládají organ. odpad

14) Dub zimní nebo dub letní? Který z těchto dvou druhů je odolnější a schopný růst i na více teplých a suchých (extrémních) stanovištích? Proč? *dub zimní - má méně citlivý (suchu i mrazu)*

15) Které druhy rostou v zakrslých doubravách a skalních stepích? Podtrhněte.

jestřábník chlupáček, psárka luční, silénka níci, kostrava ovčí, jaterní podléška, kohoutek luční, smolníčka obecná, osladič obecný, mařinka vonná, kokofík mnohokvětý, sasanka hajní, kyčelnice devítilistá, bělozářka liliovitá, pstroček dvoulistý, bažanka vytrvalá

16) S kterými druhy obratlovců se můžeme setkat v PR Brdatka? Na jaký typ stanovišť jsou vázání?

Suchá stanoviště: *řepík bobykový, ušek ramadno - suchá a kypě stanoviště*

Údolí potoka: *ondulka - stanoviště vlhčího mokra*

17) Částími dřevinami suťových lesů jsou javory, lípy a jasan.

a) Které druhy těchto dřevin znáte? *javor mlý, klen a býka, jasan slepičí, lípa velkolistá, mláčka*

b) Podtrhněte ty, které rostou ve zdejších suťovém/svahovém lese.

c) Jak se od sebe zástupci v rámci jednotlivých rodů liší?

18) Co jsou to říční terasy?

*náplavy říční usazeniny lemyjící říční údolí*

Jakým způsobem a v jakém období nejvíce vznikaly?

*lehkým ledem ve H období*

Otázky pro zajímavost:

- Které vzácné druhy rostlin jste viděli? A na kterých stanovištích? *bělozářka liliovitá, řepík bobykový, mařinka skalní*
- Co je ve znaku CHKO Křivoklátsko a proč (možný důvod)? *kyčelnice devítilistá*



**Podpis:**

Datum: 21. 5. 2008

## Stanoviště ovlivněná člověkem

(lesní louka, les s nepůvodní druhovou skladbou, obhospodařování lesa)

**1) Průběžný úkol:** Do mapky si zakreslete postupně celou trasu exkurze a vyznačte jednotlivá stanoviště, která se vztahují k vašemu tématu.



a) Na základě své terénní zkušenosti a údajů v mapě určete v jaké poloze vzhledem k okolnímu terénu (např. dno údolí, vrchol svahu, příp. odhad nadmořské výšky) se vaše lokality nachází:

*Na vyšší nadmořské výšce (350-370 m.n.m)*

b) Sklon:  $5-10^\circ$

Orientace vůči slunci:

c) Charakteristika stanovišť:

*lesní a vysoký les → stanoviště s borovicí "královna"*

d) Další možné parametry popisující polohu lokality:

*vlhkost půdy*

2) Popište obrázek skály a uveďte příklady rostlin na jednotlivých stanovištích.



*řasy, lišejníky*

*polokřovité rostliny (mateřídouška),  
býk mor (kudrnatka)*

*společný mal (raška, strážník)*

Které organismy jsou schopné kolonizovat skály jako první?

*řasy a lišejníky*

3) Vyberte, co nepatří do ekosystému říční niva.

Řeka, štěrky a náplavy, semena rostlin, vrby a topoly, kopřiva dvoudomá, rákosník, chrastice rákosovitá, rákos obecný, zmije obecná, užovka plamatá, netýkavka žláznatá, motýlice, vážka, chaty, buk, ještěrka obecná, mateřídouška vejčitá, velké množství živin (dusík)

4) Proč by se neměly stavět např. chaty či domy v povodňové zóně/nivě řeky?

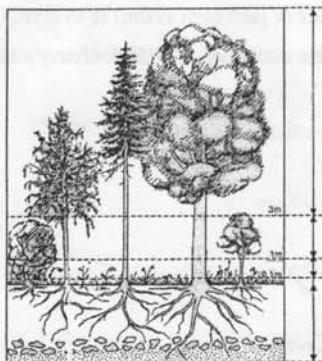
*možnost zaplavení*

Jaký je skutečný význam nivy a organismů v ní žijících?

- udržuje vlhkost = absorpce vody → klima lépe ovládnutí  
+ ochlazení podzemní  
+ ochlazení povrchu rostlinami  
+ prostředí pro živočichy

*zimní období  
= stabilnější*

5) Les je složitý ekosystém. Organismy zde žijí společně v jednom životním prostoru. S pomocí obrázku doplňte tabulku (uveďte konkrétní příklady rodů rostlin daného patra).



	lesní patra	příklady rostlin	význam pater v lese
1	stromy	dub, buk, habr	ochrana půdy - polara
2	keřové	jaráb, les, křeh	polara ochrana, úkryt
3	byliny	orvy jarní, kapka	potrava, skryš, místo pobytu živočichů
4	mechy	mechy (ploník, měřík)	ochrana půdy, hydrát, polara
5	kořenové p.	kořenové rostlin + odumřelý org.	ochrana půdy, tvorba humusu

6) Kdy v listnatém lese vykvétá nejvíce druhů rostlin?

na jaře

a) Proč kvetou právě v tomto ročním období?

stomny nemají listy → snáze pro rostliny, které políhají

b) Příklady rostlin kvetoucích brzy zjara:

orvy jarní, podliska, maianka, květnice, sasanka

c) Příklady rostlin kvetoucích v létě:

ostřina, bráza, řindara

7) Které typy hornin znáte? Uveďte ke každému typu konkrétní příklady.

typ hornin	příklady
rychle	šula, dubínky
moazní	piškova, slupina
křemíkové přeměněné	mramor, onix

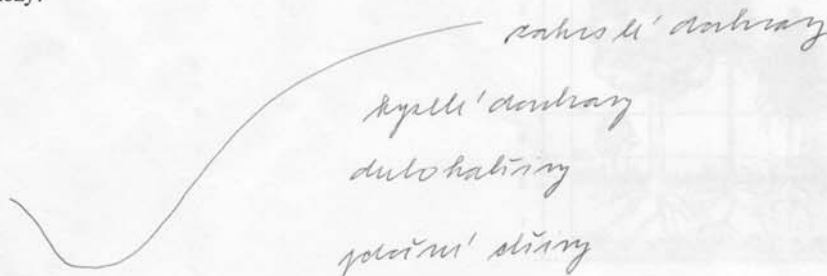
BULIZNÍK = hámen

zakrsle' doubravy - dub zimni  
borovice ne samy - maji -  
metke' koreny

Které horniny převládají v PR Bradatka a ke kterému typu patří?

marim' horniny - marohorní štěp

8) Schematicky zakreslete průřez údolím potoka Štíhlíce. Kde (v jaké části svahu) se vyskytují jednotlivé typy společenstev: dubohabřiny, potoční olšiny, kyselé doubravy, zakrsle doubravy a skalní výchozy?



9) Louka představuje ekosystém uměle udržovaný člověkem. Co se stane, když louku přestaneme kosit a jinak obhospodařovat?

přemění se v les

a) Jak se tento proces v ekologii nazývá?

SUKCESE

b) Stručně popište jeho průběh.

byliny → keře → stromy = les

10) Zapište fytocenologický snímek na louce.

Lokalizace:

Plocha snímku (m<sup>2</sup>): 1×1 m

Pokryvnost stromového patra (E<sub>3</sub>): 0%

orientace: východ

sklon: 5%

Pokryvnost keřového patra (E<sub>2</sub>): 0%

Pokryvnost bylinného patra (E<sub>1</sub>): 100%

Pokryvnost mechového patra (E<sub>0</sub>): 0%

druh	pokryvnost	označení pokryvnosti	množství rostlin
pryskyřník pastýř	1	1	do 5%
lipnice luční	2	2	5-25%
loginík	2	3	25-50%
podřeka	1	4	50-75%
svrha pletnáčka	3	5	75-100%

nikar	2		
hachor muži'	2		
omutanka u'haišha'	2		
rozmaril u'xikn'uk	3		
kontykel	1		
hohomuk muži'	1		
hšmii	3		
šebšičk	4		
pisoval kopinoky'	1		
šlönš'k kypely'	1		
pozmei hšitšanošiky'	2		
ludlák	1		

11) Pomocí smýkačky na odchyt hmyzu odeberte vzorek hmyzu vyskytující se na louce.  
Které druhy zde pozorujete?

plavčíci křižky  
holky  
housienky  
pavouci  
srpce

Na kterých částech rostlin se různé druhy hmyzu vyskytují a jaký mají pro rostliny význam?

květy - epylumi' - fylloboloni'  
plody  
stonky a listy - " -  
kořeny - symbricta - hony  
- rozklad

12) Uveďte klady a zápory vysazování lesa.

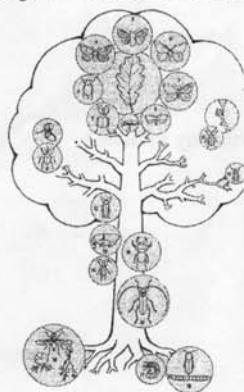
klady	zápory
<ul style="list-style-type: none"> <li>- obnovu lesa</li> <li>- rybníky</li> <li>- kvalitní dřeva</li> <li>- přirození 'duhové' složení</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- konkurence</li> <li>- nepřizpůsobení druhů → nemoci, napad. škůdci</li> <li>- kulturní nadřazenost</li> <li>- kácení → požáry, podrost</li> </ul>

Co byste doporučili – les vysazovat nebo nechat přirozenému vývoji? A proč?

13) Které nepůvodní dřeviny jsou vysazeny na trase exkurze? (zapisujte postupně v průběhu cesty).

stromy	keře
duha černá	řezk
douglaska šedá	zimolza satvradní
borovice černá	řezk
modřín opadavý	

14) Na základě obrázku doplňte potravní pyramidu tak, aby odpovídala množství vyprodukované biomasy jednotlivými složkami ekosystému. Tyto složky pojmenujte obecně a uveďte příklady organismů. Která složka potravní pyramidy na obrázku chybí (doplňte)?



Příklady organismů:

...rybní, ptáci...  
 ...savci; včelky...  
 ...mšice, housky, motýli...  
 ...rostliny...

Jakou funkci mají organismy žijící v půdě? A jak se tato složka pyramidy nazývá?

rozkladači - rozklad org. látek na anorg. látky  
 + tvorba humusu  
 - chobotnice, řezky, houby



Říční niva: pl. 6 - kyselý půda → org. přizpůsobení  
let dle jaro

15) Na kterém obrázku je zachycen dub zimní a na kterém dub letní?



zimní

letní

a) Na obrázcích vyznačte odlišné (určovací) znaky u obou druhů a slovně je popište.

listy - zimní - delší řapík  
letní - kratší řapík  
stopka plodu - zimní - delší  
(délka mezi listy)  
letní - delší

b) Který druh roste na extrémnějších stanovištích (tedy i zde)?

dub zimní

16) Ze seznamu rostlin vyberte (podtrhněte) druhy teplých a suchých stanovišť.

kostrava ovčí, jaterní podléška, kohoutek luční, mochna jarní, pomněnka bahenní, mateřídouška  
vejčítka, psárka luční, tařice skalní, sleziník červený, mařinka vonná, rožec obecný, sasanka hajní,  
kyčelnice cibulkonosná, bělozářka liliovitá

17) Na staré dřevo a stromy jsou vázány některé skupiny živočichů. Uveďte alespoň 5 příkladů.

usanky, roháči, hřivonoši, doudy, meakapond

18) Co jsou to říční terasy?

naplavy říční makroreliefu (meandrů) Brounky

Čím lze geologické období jejich vzniku charakterizovat?

čtvrťohory - střední do ledových a meziledových

Otázky pro zajímavost:

• Které vzácné druhy rostlin jste viděli? A na kterých stanovištích?

latka skalní (skalní), křídla (skalní),  
máslík (skalní) (skalní)

• Co je ve znaku CHKO Křivoklátsko a proč (možný důvod)?

kyčelnice cibulkonosná

Podpis:

*Přemys*

Datum:

**Teplá a suchá stanoviště**  
(skály a skalní stepi, zakrslé doubravy)

1) Průběžný úkol: Do mapky si zakreslete postupně celou trasu exkurze a vyznačte jednotlivá stanoviště, která se vztahují k vašemu tématu.





a) Na základě své terénní zkušenosti a údajů v mapě určete v jaké poloze vzhledem k okolnímu terénu (např. dno údolí, vrchol svahu, příp. odhad nadmořské výšky) se vaše lokality nachází:

b) Sklon:  $20^\circ$  a více

Orientace vůči slunci: jižní

c) Charakteristika stanovišť: vyhlazená slunce, srovnatelný porost, velký sklon, málo humusu

d) Další možné parametry popisující polohu lokality: nadmořská výška mezi 350 - 400 m. n. m.

2) Pozorně si prohlédněte několik skalních rostlin a pokuste se zjistit, jakým způsobem jsou na extrémní podmínky přizpůsobeny. Uveďte konkrétní příklady.

přizpůsobení	příklady rostlin
<del>trichomy, sukulentny</del> brichomy, sukulentny jednoduché rostliny, polistatní rostliny (luskovky)	lávine skelní, rožek bobý, rožek bobý, pyřel chvojka kostřava

3) Proč na stepi, skalní stepi nebo skále neroste les?

protože zde není dostatek vody pro růst lesu.

Na kterých jiných stanovištích se stromům také nedaří? Uveďte také příklady, kde se těmito stanovišti můžeme v ČR setkat.

Na výšních nadmořských výškách. Křiváče

4) Seřad'te druhy podle stoupajících nároků na živiny (1 - nejméně náročný, 6 - nejvíce náročný).

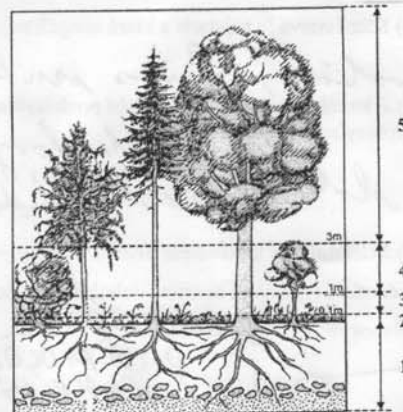
bršlice koží noha, kostřava ovčí, psárka luční, hrachor jarní, kopřiva dvoudomá, sleziník červený

1. kostřava ovčí  
2. sleziník červený  
3. hrachor jarní  
4. bršlice koží noha  
5. psárka luční  
6. kopřiva dvoudomá

5) Které rostliny jsou charakteristické pro říční nivu?

bratka, bratka, kostival, olie  
bratka

6) Les je složitý ekosystém. Organismy zde žijí společně v jednom životním prostoru. S pomocí obrázku doplňte tabulku (uved'te konkrétní příklady rodů rostlin daného patra).



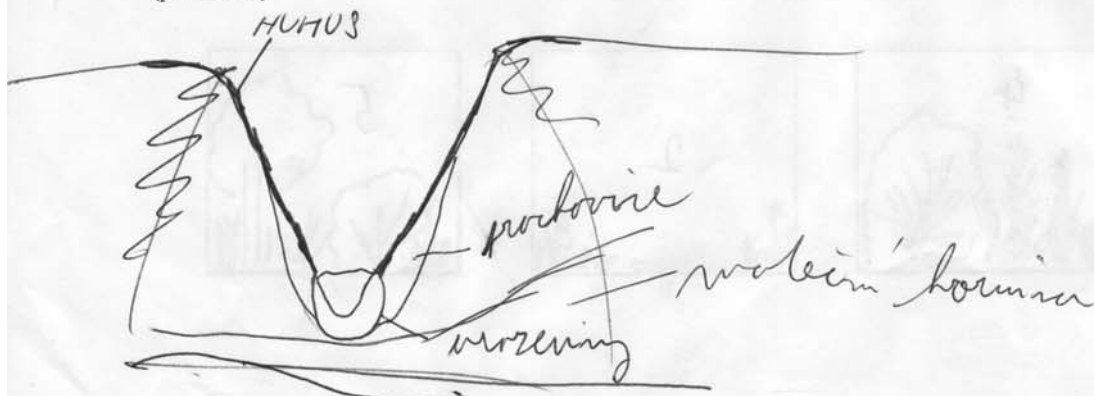
	lesní patra	příklady rostlin	význam pater v lese
1	stromy	houby, jilm, lípa	stín, humusové
2	keřoví	hloh	humusové
3	bylinné	bořanka, byčelnic	potrava, skryš, místo pobytu živočichů
4	mechové	mechy (ploník, měřík)	udržení vlhkosti
5	kořenové p.	lamyše	rychlostí rozkladu

7) Ke každé rostlině v tabulce napište stanoviště, na kterém se nejčastěji vyskytuje:

rožec obecný	sucha	sasanka hajní	v háji
oršej jarní	vlhké	dymnivka dutá	na polích
pomněnka lesní	v lese u vody	kopretina obecná	u cest, na louce
osladič obecný	vlhká tráva	rozchodník bílý	na skále

8) Nakreslete a popište půdní profil v údolí potoka.

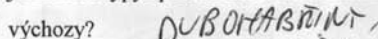
a) K jednotlivým vrstvám přiřaďte tyto názvy: matečná hornina, humusová vrstva, sprašové hlíny (prachovice)



motion, humus mīto' cīvīnī' rechēvīnī'

procesy souvisí jejich vznik)? *porodby, vznikají vran a rovněm a*  
*slabě ledovci* ~~slabě~~ *slabě* ~~slabě~~ *slabě*

výchozy?

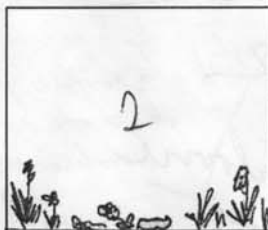


a) Co mají společného?

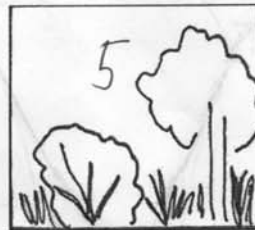
b) Čím se naopak liší?

louha - človek  
step - priroda

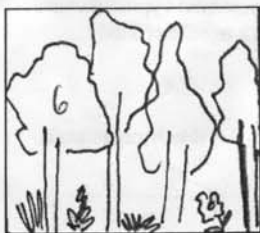
A



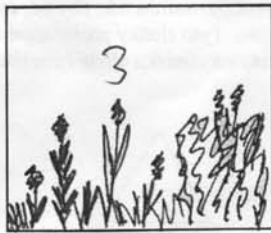
B



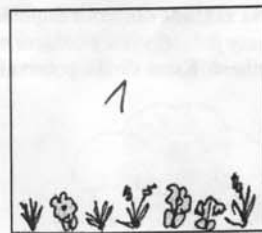
C



E



F



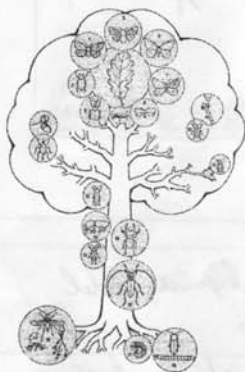
G

pořadí	obr. písmeno	charakteristika	rostliny
1	G	<del>společná</del> proužďebná stěna (výhled)	prácha, lipnice, jmel, hopuřiny
2	B	ranne' sukcesní stadium	lipnice, ořech, hopuřiny, štovička, kochlov
3	F	pokročilejší stadium sukcese	především silně invazivní rostliny
4	A	významnější role jir- pův dřeviny	štovička, slatěk, neklonitě & šivoně, břízy, šišky
5	C	ranne' stadium lera	keře, dub dubový, borovice břízy, křovina křovistá
6	E	les	vrostlé stromy, dub, buk, borovice, saranky, ořechy

12) Co je charakteristické pro monokulturní porosty? Uveďte jejich klady a zápory.

klady	zápory
Z pohledu hospodářského využití produktu, (vzp. dřev, pšenice, řepka)	náchylnost k chorobám, které se zde snadno šíří, pro určitě škodlivé je to prostěvo' křovina. V případě invazivních dřevin nevoláme role dřevinné pestrosti.

13) Na základě obrázku doplňte potravní pyramidu tak, aby odpovídala množství vyprodukované biomasy jednotlivými složkami ekosystému. Tyto složky pojmenujte obecně a uveďte příklady organismů. Která složka potravní pyramidy na obrázku chybí (doplňte)?



Příklady organismů:

.....

.....

..... *přísala* .....

..... *dub* .....

Jakou funkci mají organismy žijící v půdě? A jak se tato složka pyramidy nazývá?

*rozkládají organické látky na anorganické dekompozitori*

14) Zakrslá doubrava získala svůj název podle zakrslého vzrůstu stromů.

Změřte výšky stromů (vždy několik jedinců) v kyselé doubravě a v zakrslé doubravě. Jak moc se hodnoty liší?

Kyselé doubrava – výška: *18m*

Zakrslá doubrava – výška: *10m*

Rozdíl průměrných hodnot: *8m*

Čím je tento malý vzrůst způsoben?

*nedostatek vody a živin*

15) Které druhy stromů převažují v zakrslém lese?

*duby, borovice, bříšy*

Proč právě tyto druhy? Pokuste se přijít na to, jaké mechanismy jim umožňují zde přežít a růst.

16) Zapište fytocenologický snímek v zakrslé doubravě

Lokalizace:

Plocha snímku (m<sup>2</sup>): 2×2 m

orientace:

*jih*

sklon: *15°*

Pokryvnost stromového patra (E<sub>3</sub>): *20°*

Pokryvnost keřového patra (E<sub>2</sub>): *0°*

Pokryvnost bylinného patra (E<sub>1</sub>): *30°*

Pokryvnost mechového patra (E<sub>0</sub>): *10°*





	společenstvo	příklady rostlin
1	skalní výhled	hořce skalní, kostřava, rozchodník svízel dubový, prýšec, lyžejníky
2	horní křova šibky	mochna hnědá, molníček, bílosaňka růžka
3	suchý trávník	kostřava, suchá tráva, lyžejníky
4	krovin	hloh, šišek, jeřáb, jaseň
5	rokleá doubrava	dub, molník, růžka, žestělník kyčelnice cibulokvětá
6	normální les	normální rostliny

8) Co jsou to říční terasy?

Jsou to voploveniny, které se tvoří v obyčejné řece

Která terasa je nejmladší a která nejstarší (stačí jejich poloha vůči řece)?

nejvýše nad řekou - nejstarší

nejblíže řece - nejmladší

Otázky pro zajímavost:

- Které vzácné druhy rostlin jste viděli? A na kterých stanovištích?

bílosaňka - rokleá doubrava

- Co je ve znaku CHKO Křivoklátsko a proč (možný důvod)?

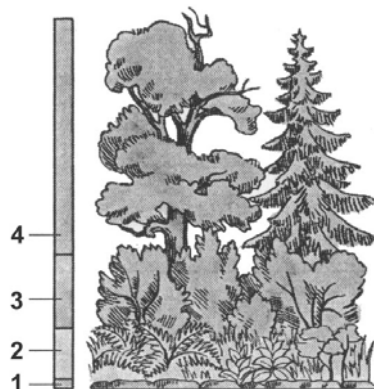
kyčelnice devítilistá - nebudím proč :-)

### PRETEST

**Pozor! U testových otázek může být více odpovědí správných.**

**\*1) V lesních společenstvech je vytvořena tzv. patrovitost, která se projevuje především v nadzemních vrstvách. Pojmenujte lesní patra označená na obrázku (1 – 4):**

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....



**max. 4b.**

**2) Ke každému lesnímu patru uveďte příklad alespoň tří rostlin, které v něm rostou:**

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

**max. 4b.**

**3) Seřad'te rostlinná společenstva (A – E) podle stoupající nadmořské výšky (1 nejnižší, 5 nejvýše položené):**

- |                        |         |
|------------------------|---------|
| A bučiny               | 1. .... |
| B doubravy             | 2. .... |
| C vysokohorské bezlesí | 3. .... |
| D smrčiny              | 4. .... |
| E dubohabřiny          | 5. .... |

**max. 4b.**

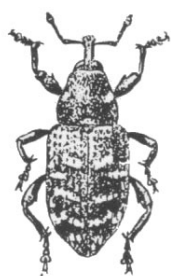
**4) Přiřad'te k rostlinám (1 – 5) živočichy (A – E), kteří jsou na ně nějakým způsobem vázání:**

- |                     |       |            |
|---------------------|-------|------------|
| 1 Dub zimní         | ..... | A včela    |
| 2 Lipnice luční     | ..... | B mravenec |
| 3 Chřpa luční       | ..... | C roháč    |
| 4 Kopytník evropský | ..... | D veverka  |
| 5 Líška obecná      | ..... | E srnec    |

**max. 4b.**



5) Vyberte živočichy, kteří žijí ve vodním prostředí, respektive na vodní hladině:



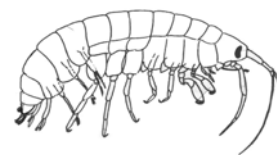
A



B



C



D



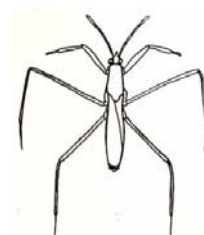
E



F



G



H

max. 4b.

6) Jaký význam mají lesní tůňky, potoky a prameniště pro celý ekosystém?

.....  
 ..... max. 3b.

7) Kokořík vonný, jestřábník chlupáček, smolnička obecná, tesařík obrovský, roháč obecný, strakapoud velký ... představují:

- a) komplexní ekosystém
- b) druhy žijící na stejném stanovišti
- c) populaci organismů
- d) společenstvo organismů

max. 3b.

8) Vegetace v říčních nivách je nejvíce ohrožena:

- a) činností člověka
- b) zvěří
- c) invazí rostlin
- d) záplavami

max. 3b.

Svoji odpověď zdůvodněte:

.....  
 .....

9) Co škodí louce (např. snižuje počet druhů rostlin)?

- a) pastva lesní zvěře
- b) nechání ladem
- c) intenzivní hnojení
- d) kosení nebo sečení

max. 3b.

**10) Většina stromů v lese má kořeny prostoupeny houbovými vlákny – tzv. mykorrhiza. Vyberte správné tvrzení:**

- a) houby jsou paraziti, kteří škodí stromům tím, že jim odčerpávají živiny
- b) houby škodí kořenům rostlin tím, že se v jejich buňkách rozmnožují
- c) houby rostlinám sice neškodí, ale ani jim nijak nepomáhají
- d) houby jsou s kořeny rostlin v symbióze, vzájemně si pomáhají

**2b.**

**11) Vyberte skupinu vlhkomilných rostlin:**

- a) mokřýš střídavolistý, řeřišnice hořká, pomněnka bahenní
- b) jestřábník lesní, sasanka hajní, konvalinka vonná
- c) lipnice hajní, rdesno hadí kořen, pryšec chvojka
- d) kokořík vonný, rozrazil rezekvítek, orsej jarní

**2b.**

**12) Mezi byliny kvetoucí pouze brzy na jaře nepatří:**

- a) orsej jarní, sasanka hajní, jaterník podléška
- b) dymnivka dutá, lecha jarní, blatouch bahenní
- c) pampeliška lékařská, sedmikráska chudobka, jestřábník chlupáček
- d) devětsil bílý, podběl lékařský, plicník lékařský

**2b.**

**13) Rozhodněte o pravdivosti tvrzení týkajících se života kapradin:**

- Kapradiny jsou vázány svým výskytem na vlhké prostředí.  
ANO / NE
- Všechny kapradiny potřebují k rozmnožování kapku vody k přenosu spermatozoidů.  
ANO / NE
- Existují i kapradiny žijící na suchých skalách, pasekách a spáleništích.  
ANO / NE

**max. 3b.**

**14) Vyberte správná tvrzení:**

- a) Biotop je určité prostředí konkrétního organismu nebo společenstva
- b) Biotop je jiný název pro ekosystém
- c) Ekosystém se skládá pouze z rostlin a živočichů v něm žijících
- d) Některé organismy jsou vázány jen na určité typy prostředí a jinde se nevyskytují

**max. 3b.**

---

\* Čížková et al. (2003)

**Řešení:**

- 1) 1 mechové, 2 bylinné, 3 keřové, 4 stromové
- 2) 1 mechy – ploník, měřík, papratka, 2 sasanka, orsej, dymnivka, kyčelnice, jaterník, 3 trnka, hloh, bez, jeřáb, 4 dub, buk, smrk, habr;
- 3) 1B, 2E, 3A, 4D, 5C; 4) 1C, 2E, 3A, 4B, 5D; 5) BDEH
- 6) Zdroj pitné vody pro živočichy a vláhy pro rostliny, životní prostředí vodních organismů a místo rozmnožování zejm. obojživelníků
- 7) bd
- 8) a – člověk často nivy úplně odstraní z krajiny, např. tím, že narovná tok řeky, staví zde své domy či chaty nebo nivu přemění ve vodní nádrž
- 9) bc; 10) d; 11) a; 12) c; 13) ANO, ANO, ANO; 14) ad

---

**Bodové hodnocení:**

2b. – správná odpověď → 2 body, špatná odpověď → 0 bodů

max. 3b. – zcela správná odpověď → 3 body, částečně správná odpověď → 2 body

max. 4b. – otevřené testové položky – počet bodů (1–4 body) odpovídá počtu správných odpovědí

---

## POSTTEST 1 A POSTTEST 2 (SHODNÉ ZADÁNÍ)

**Pozor! U testových otázek může být více odpovědí správných.**

**\*1) V lesních společenstvech je vytvořena tzv. patrovitost, která se projevuje především v nadzemních vrstvách. Pojmenujte lesní patra označená na obrázku (1 – 4):**

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....



**2) Ke každému lesnímu patru uveďte příklad alespoň tří rostlin, které v něm rostou:**

- 1.....
  - 2.....
  - 3.....
  - 4.....
- max. 4b.**

**3) Seřad'te rostlinná společenstva (A – E) podle stoupající nadmořské výšky (1 nejnižší, 5 nejvyšší položené):**

- |                        |         |
|------------------------|---------|
| A bučiny               | 1. .... |
| B doubravy             | 2. .... |
| C vysokohorské bezlesí | 3. .... |
| D smrčiny              | 4. .... |
| E dubohabřiny          | 5. .... |
- max. 4b.**

**4) Přiřad'te k rostlinám (1 – 5) živočichy (A – E), kteří jsou na ně nějakým způsobem vázání:**

- |                     |       |            |
|---------------------|-------|------------|
| 1 Dub zimní         | ..... | A včela    |
| 2 Lipnice luční     | ..... | B mravenec |
| 3 Chrpa luční       | ..... | C roháč    |
| 4 Kopytník evropský | ..... | D veverka  |
| 5 Líška obecná      | ..... | E srnec    |
- max. 4b.**

5) Pojmenujte rostliny na obrázcích (stačí rodové jméno):



b).....



c) .....



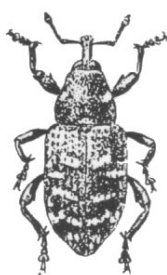
d).....



a).....

max. 4b.

6) Vyberte živočichy, kteří žijí ve vodním prostředí, respektive na vodní hladině:



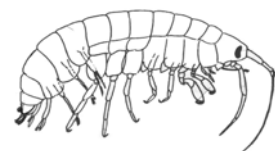
A



B



C



D



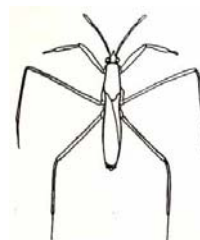
E



F



G



H

max. 4b.

7) Jaký význam mají lesní tůňky, potoky a prameniště pro celý ekosystém?

.....

.....

..... max. 3b.

**8) Kokořík vonný, jestřábník chlupáček, smolnička obecná, tesařík obrovský, roháč obecný, strakapoud velký ... představují:**

- a) komplexní ekosystém
- b) druhy žijící na stejném stanovišti
- c) populaci organismů
- d) společenstvo organismů

**max. 3b.**

**9) Vyberte správná tvrzení:**

- a) Biotop je určité prostředí konkrétního organismu nebo společenstva
- b) Biotop je jiný název pro ekosystém
- c) Ekosystém se skládá pouze z rostlin a živočichů v něm žijících
- d) Některé organismy jsou vázány jen na určité typy prostředí a jinde se nevyskytují

**max. 3b.**

**10) Keře v lese jsou většinou opylovány:**

- a) hmyzem
- b) větrem

Svoji odpověď zdůvodněte:

**max. 3b.**

.....  
.....

**11) Většina stromů v lese má kořeny prostoupeny houbovými vlákny – tzv. mykorrhiza. Vyberte správné tvrzení:**

- a) houby jsou paraziti, kteří škodí stromům tím, že jim odčerpávají živiny
- b) houby škodí kořenům rostlin tím, že se v jejich buňkách rozmnožují
- c) houby rostlinám sice neškodí, ale ani jim nijak nepomáhají
- d) houby jsou s kořeny rostlin v symbióze, vzájemně si pomáhají

**2b.**

**12) Na jaře vykvétá v listnatém lese velké množství bylin – tzv. jarní aspekt. Co je pro tyto byliny typické?**

- a) kvetou brzy na jaře ještě před olistěním stromů, aby využily dostatek světla
- b) jejich životní cyklus je velice pomalý, aby vytrvaly zelené až do léta
- c) po dozrání semen nadzemní část zaschne a objeví se až příští rok
- d) přezimují pomocí podzemních orgánů (např. cibule, hlízy, oddenky)

**max. 3b.**

**13) Každou řeku můžeme z hlediska složení fauny přiřadit k určitému rybímu pásmu. Berounka na Křivoklátsku představuje rybí pásmo:**

- a) pstruhové
- b) parmové
- c) cejnové
- d) lipanové

**2b.**

**14) Vegetace v říčních nivách je nejvíce ohrožena:**

- a) činností člověka
- b) zvěří
- c) invazí rostlin
- d) záplavami

Svoji odpověď zdůvodněte:

**max. 3b.**

.....  
.....

**15) Nejčastějšími dřevinami potočního luhu jsou:**

- a) borovice lesní
- b) olše lepkavá
- c) dub zimní
- d) jasan ztepilý

**max. 3b.**

**16) Vyberte skupinu vlhkomilných rostlin:**

- a) mokřýš střídavolistý, řeřišnice hořká, pomněnka bahenní
- b) jestřábník lesní, sasanka hajní, konvalinka vonná
- c) lipnice hajní, rdesno hadí kořen, pryšec chvojka
- d) kokořík vonný, rozrazil rezekvítek, orsej jarní

**2b.**

**17) Mezi vodní živočichy nepatří:**

- a) vážka, jepice, ploštěnka
- b) ruměnice, tesařík, lýkožrout
- c) chrostík, motýlice, čolek
- d) mravkolev, zlatoočko, lumčík

**max. 3b.**

**18) Mezi byliny kvetoucí pouze brzy na jaře nepatří:**

- a) orsej jarní, sasanka hajní, jaterník podléška
- b) dymnivka dutá, lecha jarní, blatouch bahenní
- c) pampeliška lékařská, sedmikráska chudobka, jestřábník chlupáček
- d) devětsil bílý, podběl lékařský, plicník lékařský

**2b.**

**19) Rozhodněte o pravdivosti tvrzení týkajících se života kapradin:**

- Kapradiny jsou vázány svým výskytem na vlhké prostředí.  
ANO / NE
- Všechny kapradiny potřebují k rozmnožování kapku vody k přenosu spermatozoidů.  
ANO / NE
- Existují i kapradiny žijící na výslunných skalách, pasekách a spáleništích.  
ANO / NE

**max. 3b.**

**20) Rozhodněte o pravdivosti tvrzení týkajících se trav:**

- Trávy jsou jednoděložné rostliny, mají rozlišené kořeny na kořen hlavní a kořeny postranní.  
ANO / NE
- Kosení nebo spásání zvířít podporuje růst trav, protože mají vysokou schopnost regenerace.  
ANO / NE
- Trávy mohou růst na i velice suchých stanovištích, protože jsou schopny omezovat výdej vody např. svinováním listů.  
ANO / NE

**max. 3b.**

**21) Jak vypadá vegetace skal?**

- a) většinou chybí stromy, porosty bylin jsou nízké a rozvolněné
- b) i když chybí stromy, je zde velké množství statných bylin
- c) kromě řas zde nic neroste
- d) na skalních teráskách se mohou udržet i trsy některých druhů trav

**max. 3b.**

**22) Co škodí louce (např. snižuje počet druhů rostlin)?**

- a) pastva lesní zvěře
- b) nechání ladem
- c) intenzivní hnojení
- d) kosení nebo sečení

**max. 3b.**

**23) Vyberte dřeviny, které jsou u nás nepůvodní (vysazené člověkem):**

- |   |                     |   |                     |
|---|---------------------|---|---------------------|
| A | trnovník akát       | E | borovice černá      |
| B | douglaska tisolistá | F | borovice lesní      |
| C | dub zimní           | G | borovice vejmutovka |
| D | olše lepkavá        | H | buk lesní           |

**max. 4b.**

**24) Rozhodněte o pravdivosti tvrzení týkajících se lesní zvěře:**

- V poslední době je v Evropě přebytek vysoké zvěře a divokých prasat, což má vliv na přirozenou obnovu lesa.  
ANO / NE
- Vysoké stavy zvěře podporují přirozenou obnovu lesa tím, že žerou semenáčky stromů i byliny v podrostu a tak zabraňují konkurenci rostlin o živiny a světlo.  
ANO / NE
- Přikrmování zvěře v zimě je nezbytné pro přežití slabších jedinců.  
ANO / NE

**max. 3b.**

**25) Vyberte horniny, které nevznikly sedimentací (usazováním):**

- a) břidlice
- b) slepence
- c) žuly
- d) pískovce

**2b.**

---

\* Čížková et al. (2003)

**Řešení:**

- 1) 1 mechové, 2 bylinné, 3 keřové, 4 stromové
- 2) 1 mechy – ploník, měřík, papratka, 2 sasanka, orsej, dymnivka, kyčelnice, jaterník, 3 trnka, hloh, bez, jeřáb, 4 dub, buk, smrk, habr;
- 3) 1B, 2E, 3A, 4D, 5C; 4) 1C, 2E, 3A, 4B, 5D;
- 5) a) pryskyřník, b) sasanka, c) blatouch, d) kopytník
- 6) BDEH
- 7) Zdroj pitné vody pro živočichy a vláhý pro rostliny, životní prostředí vodních organismů a místo rozmnožování zejm. obojživelníků
- 8) bd; 9) ad; 10) a – v lese příliš nefouká vítr, proto jsou opylovány hmyzem, mají často vonné květy, aby nalákaly opylovače
- 11) d; 12) acd; 13) b; 14) a – člověk často nivy úplně odstraní z krajiny, nebo jsou ohroženy např. tím, že člověk narovná tok řeky, staví zde své domy či chaty nebo nivu přemění ve vodní nádrž;
- 15) bd; 16) a; 17) bd; 18) c; 19) ANO, ANO, ANO; 20) NE, ANO, ANO; 21) ad; 22) bc; 23) ABEG;
- 24) ANO, NE, ANO; 25) c

---

**Bodové hodnocení:**

2b. – správná odpověď → 2 body, špatná odpověď → 0 bodů

max. 3b. – zcela správná odpověď → 3 body, částečně správná odpověď → 2 body

max. 4b. – otevřené testové položky – počet bodů (1–4 body) odpovídá počtu správných odpovědí

---

**Příloha 5:** Dotazníkové položky v jednotlivých testech.

**Dotazníkové položky shodné ve všech testech :**

**Jméno:** .....

**Datum:** .....

**Třída:** .....

**Dotazníkové položky v pretestu:**

**Známky z biologie za poslední dvě pololetí:** .....

**Oblíbený předmět:** .....

**Můj vztah k biologii:** a) pozitivní b) neutrální c) negativní

**Chtěl/a bych z biologie maturovat:** a) ano b) ne c) nevím

**Můj vztah k přírodě:**

a) mám ji rád a rád do ní chodím

b) mám ji rád, ale nezajímá mě

c) je mi lhostejná, raději jsem u počítače

**Který typ VŠ chcete po maturitě studovat?** .....

**Bydlíte:** a) na venkově b) ve městě

**Dotazníkové položky v posttestu 1:**

Jak se Vám líbila exkurze/výuka?

Co Vám exkurze/výuka přinesla?

Je pro Vás efektivnější a přínosnější učit se ve škole nebo v terénu? A proč?

**Dotazníkové položky v posttestu 2:**

Žáci měli vybrat vždy jednu možnost, která jim nejlépe vyhovuje při učení:

• **Učí se mi lépe, když je:**

○ **1. výuka doplněna**

a) schematickými nákresy

b) nástěnnými obrazy a fotografiemi

c) modely

d) živou přírodninou (rostliny, živočichové, horniny,...)

○ **2. výuka uskutečněna**

a) se zápisem výkladu na tabuli

b) se statickou prezentací (powerpoint či zpětný projektor)

c) s dynamickou prezentací (např. video)

d) v přírodě

○ **3. přírodnina (rostliny, živočichové, horniny,...) demonstrována**

a) ve škole

b) v přírodě

c) ve škole i v přírodě



- **4. nová látka vyučována formou**
  - a) výkladu
  - b) rozhovoru
  - c) projektu
  - d) samostudia (např. referáty)
  - e) exkurze
- **5. nová látka vysvětlena**
  - a) na konkrétních příkladech
  - b) obecně (obecné principy)
  - c) obecně i na konkrétních příkladech
- **6. možné**
  - a) dělat si zápis dle tabule
  - b) dělat si zápis samostatně při výuce (např. dle výkladu učitele)
  - c) výuku pouze poslouchat a učit se z učebnice
- **7. Lépe a delší dobu si pamatuji látku vyučovanou:**
  - a) ve škole
  - b) v přírodě (na exkurzi)
  - c) ve škole i v přírodě
- **8. Lépe si zapamatuji osvojované pojmy a zákonitosti, když si je mohu:**
  - a) prakticky vyzkoušet či ověřit v praktiku ve škole
  - b) prakticky vyzkoušet či ověřit v přírodě
  - c) vyslechnout od učitele a zapsat si poznámky ve škole
  - d) vyslechnout od učitele a zapsat si poznámky v přírodě
- **Můj vztah k přírodě:**
  - a) mám ji rád a rád do ní chodím
  - b) mám ji rád, ale nezajímá mě
  - c) je mi lhostejná, raději jsem např. u počítače
- **Který typ VŠ chcete po maturitě studovat? .....**

## **Charakteristika jednotlivých stanovišť**

### **1. Skály a skalní stepi**

V chatové osadě Riviera (na konci Zbečna, před vstupem na vlastní naučnou stezku) vystupují nad Berouňkou skalky a skalní výchozy. Ty představují biotopy xerothermního rázu, které jsou vázané na kaňonovité údolí řeky. Skály jsou stanovištěm, kde může růst vlivem extrémních stanovištních podmínek jen nižší počet rostlinných druhů, které se uchycují ve skalních štěrbinách a spárách, na skalních terasách a osypech (Pivničková 1997).

Jaké podmínky na skalách tedy panují? Skalní biotopy se vyznačují velkými výkyvy denních a nočních teplot, ale i teplot v zimním a letním období (Pivničková 1997). Rostliny musí být dobře adaptované na celoročně přítomné sucho, které je způsobené tím, že jedinou dostupnou vodou na skalách jsou srážky, kterých na území Křivoklátska není příliš mnoho. V létě navíc musí rostliny čelit vysokým teplotám povrchové vrstvy půdy a tak i vysokému výparu vody díky intenzivní radiaci, v zimě pak nedostatku sněhového krytu (Kolbek et al. 2001). Sněhové srážky jsou zde nízké a navíc bývá napadaný sníh z návětrných svahů vyfoukán, takže vegetace není kryta sněhovou pokrývkou a je vystavena působení mrazu stejně jako půda, která snadno vymrzá (Kučera et Mannová 1998).

Jelikož na skalách není vyvinuta půda (jen s náznakem tvorby primitivních půd ve skalních štěrbinách a teráskách), druhové složení vegetace a fauny je do značné míry ovlivněno také charakterem geologického podloží, s nímž jsou v bezprostředním kontaktu (Kolbek et al. 2001). Jiná vegetace roste na minerálně bohatých horninách, jako jsou například vápence, čediče, diabasy; a jiná na kyselých horninách, jako jsou žuly, ruly, svory, nebo bulizníky či kyselé proterozoické břidlice (Pivničková 1997), které se nacházejí na území exkurze.

Dalšími významnými ekologickými faktory určujícími druhové složení skal jsou expozice a vlhkost stanoviště. Na severně orientovaných (respektive zastíněných) a vlhkých skalách rostou druhy chladnomilnější, více horské – například puchýřník křehký (*Cystopteris fragilis*), zatímco k jihu orientované, osluněné a suché skály jsou obsazeny více teplomilnými druhy – například sleziníky (*Asplenium trichomanes*, *Asplenium ruta-muraria*, ...) (Kolbek et al. 2001).

Společenstva skalních štěrbin představují z hlediska sukcese zablokovaná stadia. Porosty bylin jsou většinou nízké, rozvolněné, s malou pokryvností. Semenáčky dřevin nebo náročnějších bylin se zde vyskytují jen ojediněle a vlivem nepříznivých podmínek po dosažení určité velikosti hynou. To je dané jednak tím, že zde není dostatek vody a živin pro tak velké jedince, ale také tím, že semenáčky dřevin, které ještě nemají dostatečně vyvinutý kořenový systém jsou působením mrazu v zimě vytahovány ven z půdy a na otevřených plochách uschnou. Sucho, mělká půda a mrazy tak zabraňují okolnímu lesu pronikat na otevřené plochy a zarůstat je (Kučera et Mannová 1998). Proto mohou být tato společenstva budována z hlediska stavby a struktury taxony kompetičně slabými, protože hlavním kritériem jejich úspěšné existence je prostor (Kolbek et al. 2001). Rostliny skal mohou tedy být malého vzrůstu, ale musí mít dostatečně velký kořenový systém, aby získaly dostatek vody a živin pro svůj růst.

Rostliny jsou dále na extrémní podmínky skal přizpůsobeny svojí životní formou, nenáročností (často se jedná o pionýrské druhy), schopností přichytit se na skalním povrchu (zejména řasy a lišejníky) či proniknout do skály a aktivně ji rozrušovat. Na nedostatek vody jsou tyto rostliny přizpůsobeny pomocí různých morfologických úprav k omezení výdeje vody – sklerenchymatické listy (tj. se silnou kutikulou), které jsou u trav navíc často svinuté, husté trichomy (odraz světla), ponořené průduchy, sukulentní listy a podobně (Kubíková 1999).

Rostlinná společenstva kyselých skal jsou poměrně druhově chudá, tvoří je sleziník severní (*Asplenium septentrionale*), sleziník červený (*Asplenium trichomanes*), zvonek okrouhlolistý (*Campanula rotundifolia*), tařice skalní (*Aurinia saxatilis*), osladič obecný (*Polypodium vulgare*), časté jsou také mechorosty a lišejníky (Pivničková 1997). Na skalních stepích pak převažují sukulentní životní formy (rozchodníky, netřesky – druhy rodu *Sedum*, *Jovibarba globifera*), nebo druhy jednoleté (geofyty nebo terofyty) – jednoleté pomněnky, rozrazil, rožce, osívka jarní, huseníček rolní (zástupci rodů *Myosotis*, *Veronica*, *Cerastium*, *Erophila verna*, *Arabidopsis thaliana*), doplněné odolnými

trsnatými travami – kostřava ovčí (*Festuca ovina*), kostřava žlábkatá (*Festuca rupicola*) a polštářovitými druhy – mateřídouška vejčitá (*Thymus pulegioides*), chmerek vytrvalý (*Scleranthus perennis*), mochna písečná (*Potentilla arenaria*) (Kolbek et al. 2001).

Z živočichů se na skalní stepi a výslunných suchých místech můžeme setkat s ještěrkou zelenou (*Lacerta viridis*), ještěrkou obecnou (*Lacerta agilis*) a užovkou hladkou (*Coronella austriaca*). Z bezobratlých se zde vyskytují četné druhy měkkýšů, sarančat a pavoukovic, z nichž nepřehlédnutelný je například stepník rudý (*Eresus cinnaberinus*) (web 1).

## 2. Niva Berounky

Údolí Berounky je nádherným příkladem, jak řeka ovlivňuje tvářnost krajiny a diverzitu vegetace – je zde dobře patrný tzv. říční fenomén. Ten lze definovat jako soubor ekosystémů, které vytváří charakteristický komplex vázaný na hluboce zaříznutá říční údolí, vytvořená tisíciletou erozí činností vodního toku. Údolí se zahlubují až vytvoří hluboké, často skalnaté rokly, které nabývají dojmu členité horské krajiny (Ložek 1988). Pro říční fenomén je typická vysoká diverzita stanovišť i druhů daná členitým reliéfem. Říční údolí tak představuje významnou migrační cestu pro živočišné a rostlinné druhy (Ložek 1988, Mannová 1994).

Zastavme se nyní v nivě Berounky. Co si lze pod tímto pojmem představit? Niva je vlastně údolní dno vzniklé usazením nivních sedimentů, které zahrnuje širokou škálu různých biotopů pro volně žijící živočichy a rostliny. Řeky v přírodním stavu (neupravené řeky) mají rozmanitou přirozenou strukturu s tůňmi, prahy, peřejemi, bočními rameny, tišinami, příbřežními bažinami a lesnatou nivní krajinou. Úpravy řek s cílem tlumit povodně nebo zlepšit odvodnění krajiny však mohou mít velmi nepříznivý vliv, který může snížit ekologickou hodnotu hlavního toku i přilehlých nivních lokalit (web 2).

Niva významně zadržuje vodu v krajině. To je důležité jednak při povodních, kdy je schopna zachytit obrovské množství vody, které by jinde napáchalo mnohem větší škody a které naopak při suchu slouží jako zásoba vláhy pro okolí, čímž také ovlivňuje jeho mikroklima, které je zpravidla vlhčí a s odlišným chodem teplot. Okolí řeky je oproti okolní krajině teplejší, zvláště v zimních měsících. Činností řeky dále dochází k ukládání sedimentů na jejích březích, které je nejvíce nápadné v říčních zákrutech. Vzniklé náplavy vychytávají živiny z řeky a ta se tak sama čistí. Díky tomu se v říční nivě vyskytuje poměrně úrodná půda s velkým množstvím živin, kterou lidé často využívají k pěstování píce či dřeva. V neposlední řadě má říční niva také funkci rekreační a estetickou, je hojně využívána rybáři, vodáky či dalšími turisty (web 2), kteří ji však mohou negativně ovlivňovat. Velikou předností ekosystému tekoucí vody a jeho okolí je však schopnost regenerovat rychleji než kterékoliv jiné životní prostředí (Reichholf 1998).

Na Berounce nejsou žádná větší vodohospodářská díla, díky čemuž si jako jedna z mála u nás zachovala přirozený povodňový režim. Niva řeky je charakterizována vysokou dynamikou změn zapříčiněnou pravidelnými záplavami, při nichž řeka eroduje své koryto a které také přináší do ekosystému množství živin. V závislosti na rychlosti proudu se při povodních usazují materiály o různé zrnitosti. Tím se v řece udržuje rovnováha mezi odnosem materiálu a sedimentací (Reichholf 1998). Čerstvé náplavy řek jsou příkladem sukcesně mladých biotopů, složení jejich vegetace je do značné míry dáno spektrem diaspor/semín, které každá jednotlivá povodeň přinese a často se zde uplatňují „náhodně“ splavené druhy (Vojta 2003).

Pobřežní vegetace představuje jeden z nejproměnlivějších vegetačních komplexů celého území Křivoklátska, což je dáno dynamikou samotné řeky. Pobřežní vegetace zahrnuje společenstva přizpůsobená k občasnému přeplavení říční vodou, následované větším či menším vysycháním povrchových vrstev půdy. Díky tomu dochází také k rychlým změnám společenstev na březích řeky, které mohou proběhnout někdy i během jedné vegetační sezóny. K vysoké rychlosti změn přispívá rychlý růst rostlin na břehu, související s velkou úrodností říčních břehů následkem akumulace živin a dostatku vody při častém mechanickém narušování vegetace. Toto narušování není ovšem jen dílem přírodních procesů (v důsledku povodní), výrazně k němu přispívá i člověk úpravou břehů, rekreačními aktivitami a podobně (Kolbek et al. 1999).

Významnou složkou vegetace jsou zejména jednoleté druhy rostlin. Nalezneme zde různé druhy čeledi Merlíkovitých – lebedy a merlíky (*Atriplex hastata*, *Chenopodium polyspermum*, *Ch.*

*album*), Rdesnovitých – rdesna a šťovíky (*Polygonum hydropiper*, *P. lapathifolium*, *Rumex maritimus*), Brukvovitých – barborka obecná (*Barbarea vulgaris*) a rukev obojživelná (*Rorripa amphibia*) a také druhy, které jsou schopny rychle vegetativně regenerovat – chřastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) či liánovité rostliny – opletník plotní (*Calystegia sepium*), lilek potměchuť (*Solanum dulcamara*). Na porosty náplavů prostorově i sukcesně navazují druhově chudé říční rákosiny s chřasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*) a místy s ostřicí Buekovou (*Carex buekii*) (Vojta 2003). Pobřežní porosty navíc díky své rychlé dynamice umožňují snadnou migraci i řadě invazních druhů. V pobřežních porostech Berounky je v posledních letech zvláště nápadné lavinovité šíření netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*) (Kolbek et al. 1999).

Původní lužní lesy už se v údolí Berounky nevyskytují a byly nahrazeny psárkovými loukami. V psárkových loukách najdeme kromě dominantních trav – psárka luční (*Alopecurus pratensis*), Lipnice obecná (*Poa trivialis*) – i četné druhy indikující vysoký obsah živin – šťovíky (*Rumex crispus*, *R. thyrsiflorus*), svízel povázka (*Galium mollugo*) a další (Vojta 2003).

Význam vegetace podél vodních toků spočívá v tom, že rostliny svými kořeny zpevňují břeh, čímž zabráňují sesouvání půdy do řeky a tak zanášení jejího koryta. Také produkují velké množství biomasy (dnes ale většinou člověkem nevyužívanou), která je ale živočichy využívána jako potrava poměrně málo. Významnou roli však nivní vegetace sehrává jako hnízdiště vodního ptactva a trliště ryb, je místem, kde se ukrývá a rojí vodní hmyz a kde získává potravu mnoho živočichů (Reichholf 1998).

Berounku můžeme v oblasti Křivoklátska charakterizovat jako tok parmového rybího pásma, i přes to, že rybí obsádka zde byla dlouhodobým rybářským hospodařením pozměněna. Dnes zde k hojnějším druhům ryb patří například i kapr obecný, lín obecný, jelec tloušť, okoun říční, plotice obecná, ouklej obecná nebo hrouzek obecný. Z dalších živočichů jsou na pobřežní ekosystém vázány například užovka plamatá (*Natrix tessellata*), ondatra pižmová (*Ondatra zibethicus*), skorec vodní (*Cinclus cinclus*), konipas horský (*Motacilla cinerea*), z bezobratlých pak motýlice lesklá (*Calopteryx splendens*), četné druhy vážek a také řidčeji se vyskytující motýli vlhkých luk jako modrásci bahenní, očkovaní a černoskvrnní (*Maculinea nausithous*, *M. teleius*, *M. arion*) (Hůla et Štěpánek 1996).

### 3. Potoční luh – údolí potoka Štíhlíce

Na samých dnech údolí, kterými protékají potoky nebo i jen drobné stružky vody, se drží chladnější vzduch a vytváří zde typické chladné mikroklima potočního luhu. Hlavními dřevinami jsou zde olše šedá (*Alnus incana*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) (Kubíková 1999), které jsou schopné růst na občas zaplavovaných půdách (například při jarním tání sněhu či větších deštích, kdy se voda z potoka rozlije do jeho údolí). Olše má kořeny s korálkovitými nádory (hlízkami) na postranních větvích, jejichž tvorba je vyvolána činností symbiotických hub (aktinomycetů z rodu *Frankia*), schopných poutat vzdušný dusík do formy přístupné rostlinám a obohacovat jím tak výživu obou symbiontů a později také půdu (prostřednictvím rozkládajících se kořenů a listů). Tato stanoviště se proto vyznačují dostatkem živin jednak uvolňovaných z olšového opadu bohatého dusíkem, ale také přinášných vodou. Proto zde hojně roste jasan, druh vyžadující svěží půdy, bohaté na minerální látky, nejlépe obohacené dusíkem, který je indikátorem nej kvalitnějších půdních stanovišť (web 3).

Díky dostatečné vlhkosti a specifickému klimatu (jedná se o dno inverzního údolí), se zde z rostlin vyskytuje řada vlhkomilných lesních druhů i druhů vyšších poloh. V bylinném patře se rozvíjí jarní aspekt, který tvoří například orsej jarní (*Ficaria verna*), blatouch bahenní (*Caltha palustris*), sasanka hajní a sasanka pryskyřníkovitá (*Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*) (Kubíková 1999), lecha jarní (*Lathyrus vernus*), plicník lékařský (*Pulmonaria officinalis*), jaterní podléška (*Hepatica nobilis*), ale i kyčelnice devítilistá (*Dentaria enneaphyllos*), charakteristický druh bučin, který byl zvolen jako erbovní rostlina CHKO Křivoklátsko (Hůla et Štěpánek 1996). Pro byliny jarního aspektu je typické, že vykvétají ještě před olistěním stromů a brzy na jaře prodělají celý svůj životní cyklus. Po uzrání semen nadzemní část těchto rostlin rychle zanikne a objeví se opět až s příštím jarem (Hůla et Štěpánek 1996). V létě se zde pak můžeme setkat například s kopytníkem evropským (*Asarum europaeum*), žindavou evropskou (*Sanicula europaea*) či ostřicí třeslicovitou (*Carex brizoides*) (naučný panel č. 12 a 15, NS Brdatka). Významné bývají také druhy nitrofilní – bršlice kozí noha

(*Aegopodium podagraria*), netýkavka nedůtklivá (*Impatiens noli-tangere*), kakost smrdutý (*Geranium robertianum*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*), válečka lesní (*Brachypodium sylvaticum*), které můžeme nalézt i v širším okolí potoka (web 3).

Vlastní potok tvoří důležité životní prostředí, ve kterém se vyvíjí mnoho vodních larev jinak suchozemských druhů hmyzu – jepic, pošvatek, vážek, motýlic nebo chrostíků. Ačkoliv jsou jejich dospělci suchozemští, celý jejich život je soustředěn v blízkosti vody – létají podél vodních toků, živí se vodním hmyzem nebo rostlinami na březích. Navíc dospělci některých zástupců (jepice, pošvatky, chrostíci) žijí jen velice krátce, nepřijímají potravu a poté, co nakladou vajíčka, zahynou. Jejich larvy však mohou žít i několik let v tekoucí vodě, kde se živí buď řasami (jepice) nebo dravě (zejména vážky a pošvatky). Larvy chrostíků si staví různé schránky, které je chrání a které se zvětšováním svého těla přistavují. Tyto schránky jsou typické pro jednotlivé druhy a mohou být z kamínků, ulitek, ze dřeva nebo kousků listů. Některé druhy si spřádají pavučinové sítě, do nichž lapají drobné vodní živočichy. Kuklí se ve vodě ve zvláštní nepohyblivé schránce (Gerstmeier 2004).

V potoce se dále můžeme setkat také se stálými obyvateli menších toků jako je beruška vodní (*Asellus aquaticus*), blešivec (*Gammarus* sp.) či ploštěnky (*Dendrocoelum* sp.), které indikují čistotu vody. Životu v tekoucích vodách jsou přizpůsobeny svým zploštělým tvarem těla. Obývají většinou spodní strany kamenů či prostor mezi vodními rostlinami, který jim jednak zajišťuje zdroj potravy, a také zabezpečuje alespoň částečnou ochranu od jejich hlavních predátorů – ryb.

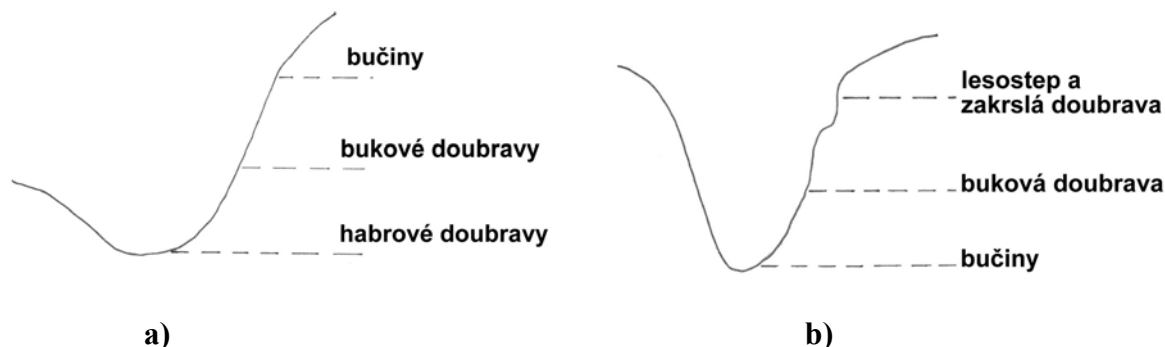
Na jaře můžeme nalézt v potoce také vodní larvy mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*), které se od dospělého liší nápadnými keříčkovitými žábami za hlavou a ploutevním lemem na ocásku. Na rozdíl od ostatních druhů našich obojživelníků neklade samice mloka do vody vajíčka, ale v jarních měsících rodí již vylíhlé malé larvy, které asi po třech měsících vývoje ve vodě žábry ztrácejí a potok opouštějí (naučný panel č. 15, NS Brdatka). Dospělí mloci žijí na souši a mohou se dožít i více než 18 let. Nejčastěji se s nimi můžeme setkat po dešti a v noci. Potravou jsou žížaly, plži, hmyz, pavouci (Pecha et al. 1982).

Z dalších obojživelníků se zde můžeme setkat s některými druhy žab – například skokan hnědý (*Rana temporaria*), kuňka žlutobřichá (*Bombina variegata*) či ropucha obecná (*Bufo bufo*). Podél hluboce zařízlých potoků žijí také horské druhy ptáků – střízlík obecný (*Troglodytes troglodytes*), konipas horský (*Motacilla cinerea*) (Hůla et Štěpánek 1996).

#### 4. Dva významné ekologické fenomény

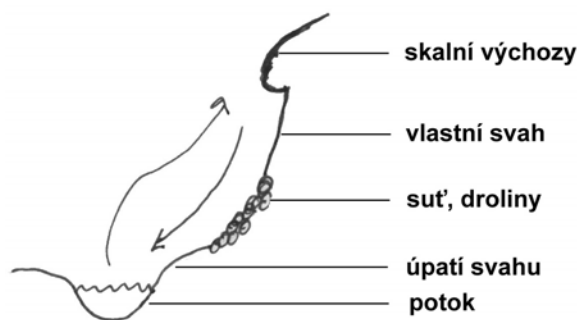
Hluboce zaříznuté údolí potoka Štíhlíce je hezkým příkladem dvou významných ekologických jevů (fenoménů), které jsou pro Křivoklátsko charakteristické.

Prvním z nich je „**teplotní inverze**“ neboli „**zvrát vegetačních pásem**“. Dochází k němu v místech s úzkými, hlubokými terénními zářezy, ve kterých vlhkostní a tepelné podmínky vytvářejí poměry podhorského a horského prostředí. Následkem toho se pak na dnech údolí v nadmořských výškách 220–250 m vyvinuly lesní typy se zástupci podhorské až horské flóry a fauny. Se stoupající nadmořskou výškou stoupá i teplota a tak se ve vrcholových partiích, v nadmořské výšce 450–550 m, naopak objevují teplomilná lesostepní a stepní společenstva (obrázek 9). Přítomnost škály rozdílných mikroklimatických podmínek vede k vysoké druhové rozmanitosti na poměrně malé ploše.



**Obrázek 9:** Rozšíření lesních typů vzhledem k nadmořské výšce v podmínkách, kde a) se neuplatňuje vliv teplotní inverze, b) kde je patrný důsledek zvrátu vegetačních pásem (Pecha et al. 1982).

V geomorfologicky členité krajině se silně uplatňuje také další jev – „**ekologická katéna**“. To je sled typů půd a ekosystémů mezi vyvýšeninou a sníženinou terénu, tedy mezi vrcholovými partiemi svahu a dnem údolí. Funkčně jsou tak propojeny jednotlivé ekosystémy, které na sebe navazují a plynule přechází jeden ve druhý. Toto funkční propojení zahrnuje transport vody, živin a dalšího materiálu mezi ekosystémy. Tak například dochází k odplavování půdy z vrcholových částí a jejich sedimentaci v údolí, kde se díky tomu akumuluje materiál a živiny, ale také diaspory rostlin či drobní živočichové (zejména půdní). Z potoka se naopak vypařuje voda, která následně stoupá v podobě mlhy vzhůru a zasobuje tak výše položená stanoviště vláhou (obrázek 10). Čím jsou údolí více zaříznutá a čím je závislost mezi jednotlivými ekosystémy větší, tím silněji se uplatňuje ekologická katéna.



**Obrázek 10:** Ekologická katéna. Šipky znázorňují pohyb materiálu, živin, diaspor (dolů) a vody (oběma směry) mezi jednotlivými ekosystémy.

## 5. Geologie

Celá procházená oblast se nachází v masivu starohorních břidlic, ve kterých se místy objevují čočkovité útvary bulžníků (křemičitá hornina). Břidlice jsou usazené horniny, které sedimentovaly na dně tehdejšího moře. Ve té době docházelo také k intenzivní vulkanické činnosti, při níž došlo k výlevům gelů kyseliny křemičité. Působením primitivních mikroorganismů (sinic a bakterií) z nich vznikly bulžníky (Zíková 2005). Bulžníky jsou horniny, jejichž barva značně kolísá. Setkáváme se s šedočernými až černými, červenavými i zcela bílými bulžníky. Jejich významnou vlastností je velká tvrdost, díky níž se zachovaly v dnešní podobě. Bulžníky většinou nemají zřetelnou vrstevnatost, ale bývají v nich časté pukliny, které jsou obvykle vyplněny bílým křemenem (Pecha et al. 1982). Skalní výchoz bulžníku je patrný na levém břehu potoka Štíhlíce. Po dlouhá léta byl modelován povětrnostními vlivy a činností vodního toku, a proto z něj dnes zbývá jen rozsáhlé suťové a balvanité pole (naučný panel č. 14, NS Brdatka).

Bulžník vykazuje velkou odolnost proti obrušování a ve zlatnictví je znám jako prubířský kámen, který se používá ke zkoušení pravosti slitin zlata, stříbra a platiny podle barvy vrypu. Na základě zkušenosti lze odhadnout i obsah zlata ve slitině.

Pravobřežní část údolí, v níž je situován zářez lesní cesty, je kryta sprašovými hlínami a v podloží je patrný skelet matečných hornin – starohorních břidlic. Sprašové hlíny (prachovice) jsou naváté uloženiny složené z prachových částí, které vznikaly v dobách ledových v předpolí kontinentálního zalednění (naučný panel č. 14, NS Brdatka). Na rozdíl od spraší, což jsou vápnité (bazické) a velice úrodné sedimenty, vznikaly prachovice erozí kyselých hornin a následným usazením těchto sedimentů. Díky bazické půdní reakci se ve spraších uchovalo velké množství schránek fosilních měkkýšů, což má dnes značný význam z hlediska rekonstrukce čtvrtohorních poměrů.

Území naší republiky (a tedy i zdejší krajina) se v dobách ledových nacházelo mezi dvěma zaledněními – Alpské a Severské, a proto mělo značný strategický význam z hlediska migrace fauny a flóry ze západu na východ a naopak. Klima v té době bylo velice suché a studené, což znemožňovalo růst lesa. Krajina se tedy podobala studené stepi. Díky tomu se v dobách ledových silně uplatňoval

vítr, který místy vytvořil až mnohametrové návěje spraší. Teprve v dobách meziledových se na nich mohly začít vytvářet půdy.

## 6. Lesní prameniště

Počátkem každého toku je pramen. Jím vyvěrá ze země podzemní voda, která do té doby pomalu jako neviditelný proud plynula pod zemí. Prameny vznikají všude tam, kde jsou zvlášť příznivé terénní podmínky, například na místech, kde tekoucí vodě brání v další pouti pod zemí nepropustné vrstvy, či tam, kde dochází k jejich zlomům a zářezům (Reichholf 1998).

U některých lesních prameništ' (i zde) zpravidla vyvěrá voda poměrně rychle, takže vzniká mělká studánka, ze které může voda volně odtékat jako potůček (Reichholf 1998). Soutokem několika takovýchto potůčků vzniká potok Štíhlíce. Protože podklad v jejich okolí je velmi pevný, mohou v bezprostřední blízkosti vyrůst stromy. Vytváří se zde svérázný lesní typ – jasanová olšina potoční (viz výše), která lemuje celý potok až k jeho ústí do Berounky.

Pro prameniště je charakteristické jen nepatrné kolísání teploty vyvěrající vody během roku (zřídka více než o 1,5 °C), které odpovídá zhruba střední roční teplotě celé tamní oblasti. Nejvyšší teploty zaznamenáváme pozdě na podzim nebo v zimě, když poměrně teplá srážková voda z léta končí svou pout' v podzemí. Ke slabému poklesu teploty dochází působením předchozí zimy až v létě. Teplota pramenité vody tedy sleduje průběh ročních období s určitým zpožděním, při němž se vyrovnávají extrémy. V okolí prameniště se tak vytváří charakteristické mikroklima, které je dostatečně vlhké pro rozvoj mechů a jätrovek, a v létě také dostatečně chladné, takže poskytuje útočiště před horkem mnohým obojživelníkům, savcům a také hmyzu. Z hlediska chodu teplot a vlhkosti jde tedy o velice stabilní prostředí (Reichholf 1998).

Množství vyvěrající vody z pramene nám dále ukazuje, jaká je celková kapacita pramenné oblasti. Zesílí-li pramen hned po silných deštích, je to známkou, že se dovršila jeho akumulací schopnost.

Z bylin typických pro prameniště zde roste například řeřišnice hořká (*Cardamine amara*), mokřýš střídavolistý (*Chrysosplenium alternifolium*), rozrazil potoční (*Veronica beccabunga*), devětsil bílý (*Petasites albus*), válečka lesní (*Brachypodium sylvaticum*), ostřice lesní (*Carex sylvatica*), ostřice řídkoklasá (*Carex remota*); z mechorostů pak baňatka potoční (*Brachythecium rivulare*), měřík tečkovaný (*Rhizomnium punctatum*), měřík čeřitý (*Plagiomnium undulatum*), ploník ztenčený (*Polytrichum formosum*) (Kolbek et al. 2003).

Bylinná vegetace lesních prameništ' je však dosti potlačována a proto poměrně málo zastoupena. Důležitou roli zde totiž hrají stromy, které byliny jednak zastiňují, a proto je jejich největší rozvoj soustředěn do jarních měsíců ještě před olistěním stromů, a také je omezují množstvím listového opadu. Prameniště, která jsou dostatečně velká nebo u nichž došlo k druhotnému prosvětlení, se vyznačují nápadně vyšším počtem druhů – jsou obohaceny o vlhkomilné a světlomilné luční druhy (Kolbek et al. 2003).

V prameništi se můžeme setkat s podobnými druhy živočichů jako v potoce (viz výše). Za zmínku stojí některé druhy ploštěnek, které jsou svým životem vázané právě na stabilní podmínky prameništ' a proto mohou sloužit jako vysoce citlivé bioindikátory, které reagují na změny kvality vody až svým vymizením (Reichholf 1998). Prameniště a potoky slouží také jako napajedla pro lesní zvěř, již jsou často silně narušována (rozrytí, rozšlapání vegetace) a díky tomu také ruderalizována nitrofilními druhy, jako jsou například kopřivy.

Prameniště mají v přírodě nesmírnou cenu. Jsou trvalým zdrojem čisté vody, která je v současné době stále větší vzácností.

## 7. Lesní louka – Fořtmanská seč

Louky a pastviny jsou uměle vytvořeným životním prostředím, které významnou měrou přispívá k velké rozmanitosti celého území a je důležité pro udržení biologické rovnováhy v lesních společenstvech (Kolbek et al. 1999).

Zakládání luk spadá do doby, kdy se člověk měnil z pastevce na zemědělce, usazoval se na jednom místě a potřeboval pro svá hospodářská zvířata dostatečné zdroje píce. Mýtil a pálil les a na

jeho místech zakládal louky a pastviny. Na loukách vznikaly specifické podmínky, které vyhovují pouze některým druhům rostlin a které člověk, jakožto jejich zakladatel, musí udržovat, protože jinak by došlo k přirozenému zarůstání lesem (Pecha et al. 1982).

Luční společenstva jsou, na rozdíl od lesa, tvořena převážně druhy vytrvalými nebo víceletými, trsnatými, druhy s oddenky či hojnými výběžky, které se snadno a rychle vegetativně množí. Hlavní dominantou luk jsou trávy, které jsou dokonale přizpůsobeny častému pasení a kosení, ale i třeba záplavám či velkému suchu, což naopak některé jiné druhy (zejména stromy a keře) z těchto společenstev eliminuje. Louky se tedy mohou udržet jen tam, kde je konkurence semenáčků stromů potlačena (Pecha et al. 1982).

Trávy jsou jednoděložné rostliny, jejichž obnovovací pletiva (meristémy), z nichž na jaře či po poškození znovu poustí nové listy, se nachází těsně nad zemí (této životní formě se říká hemikryptofyty). Listy trav proto vyrůstají zespoda, kdežto listy stromů a dvouděložných bylin se rozvíjejí z pupenů, které jsou na koncových částech rostliny. Trávy nemají žádné pupeny. Tato skutečnost má pro přírodu dalekosáhlý význam. Pokud se pupeny dvouděložných špatně vyvíjejí nebo jsou spásány, rostlinu to poškodí. Trávy se s tím dokáží vyrovnat velmi dobře. Přiměřené spásání dokonce stimuluje jejich růst. To ukazuje i na význam lesích louček, které jsou schopné uživit mnohem více například srnčí zvěře než je tomu v lesích. Schopnost regenerace trav je totiž neobyčejně vysoká (Reichholf 1999).

Mezi jednoděložní rostliny však nepatří jen trávy, ale také další rostliny, například Liliovité, které nehrají v systému travnatých společenstev tak velkou roli, ačkoliv na jaře se travnatý koberec doslova pokryje záplavou jejich barevných květů. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že u trav má největší význam kořenový systém. 70% biomasy a někdy i více je u trav soustředěno pod povrchem v kořenovém systému, zatímco u stromů, keřů a dalších bylin je největší část biomasy soustředěna do nadzemních částí. Trávy mají svazčité kořeny, které jsou pod zemí velmi rozvětvené a intenzivně propojené s dalšími jedinci trav, ale i s houbovými vlákny (tzv. mykorrhiza), což jim zajišťuje transport vody a živin i ze špatně dostupných míst. Vlásokovitá část kořenů je schopna také dobré obnovy. Trávy se navíc snaží většinu produkce vzniklé fotosyntézou co nejrychleji odeslat do kořenů, kde je bezpečně uložena pro případ potřeby. Nad povrchem rostoucí výhonky mohou být totiž snadno zničeny (uschnou, jsou spásány a podobně), a díky kořenovému systému plnému živin je rostlina schopna v krátké době vytvořit nové zelené výhonky. Dalším přizpůsobením trav jsou jejich úzké, kopinaté listy, které nejsou orientovány celou šíří ke světlu, ale směřují nahoru šikmo a souběžně. Navíc některé druhy mohou při silném oslunění nebo přemokření listy svinovat. Tím trávy regulují množství světla, které jsou schopné přijmout (Reichholf 1999).

Trávy jsou opylovány větrem a mají lehká semena, která jsou taktéž šířena větrem a to i na poměrně velké vzdálenosti. Navíc jsou schopna také dlouhou dobu přetrvávat v půdě v podobě „spících“ (dormantních) semen a vyklíčit teprve tehdy, kdy se pro ně uvolní prostor. Tato semena vytváří tzv. půdní semennou banku, která umožňuje velice rychlé nahrazení odumřelého jedince, a má tak obrovský ekologický význam pro stabilitu a regenerační schopnost přirozených porostů (Rychnovská 1985).

Každá louka je vázána na určité své půdní prostředí a je tak životním prostorem mnoha mikroorganismů a živočichů – zejména bezobratlých, ale i obratlovců, kteří se podílejí na tvorbě a fungování luk (Rychnovská 1985). Živočichové na louce jednak zajišťují opylování mnohých rostlinných druhů, ale také jsou nezbytní pro odbourávání zelené hmoty. Bez herbivorů a jejich odstraňování biomasy by se totiž zpomalovala primární produkce a zejména pak by se zbrzdil její převod do dekompozice. Značně by se zpomalil rozklad opadu a tvorba humusu. Zbrzděno by bylo i uvolňování živin z odumřelé organické hmoty – a tak celý koloběh látek a tok energie ekosystémem. Populace živočichů, především fytofágů, tedy představují kontrolní zpětnou vazbu pro populace rostlin.

Na každém metru čtverečním louky, v každém patře bylinného porostu se vyskytuje obrovské množství živočišných druhů, mnohem více než druhů rostlinných. I na jediné rostlině žije celé společenstvo živočichů. Někteří se specializují na květy (buď se s nimi živí – různé druhy brouků, nebo je opylují – blanokřídlý hmyz, motýli), jiní na plody (ptáci, savci), listy, stonek či kořenový systém. Kromě fytofágů zde hrají důležitou roli také jejich predátoři (některé druhy hmyzu, liška, lasička, rejsek, krtek, ptáci) a paraziti (prvoci, hlísti, roztoči, vši, blechy), v půdě pak mají nepostradatelný význam dekompozitoři (žížaly, mnohonožky, někteří brouci, larvy některých much,



měkkýši, mikroorganismy – bakterie, kvasinky, houby), ale také krtci, křečci, syslové, hraboši, myši, kteří půdu provzdušňují (Reichholf 1999).

Žížaly mají neobyčejný ekologický význam, jelikož rozkládají v půdě mrtvou rostlinnou hmotu a fixují v těle dusíkaté látky, vytvářejí humuso-jílový komplex, udržují a zlepšují drobtovitou strukturu půdy, uvolňují a promíchávají půdu a posléze zlepšují provzdušnění půdy a její propustnost pro vodu. Procesu rozkladu mrtvé organické hmoty na živiny a také půdotvorných procesů se samozřejmě účastní značnou měrou také mikroorganismy – tzv. detritivori neboli rozkladači (Rychnovská 1985). Dekompozice v lučních ekosystémech je mnohem rychlejší než v lese. Obrovské množství biomasy, které je vyprodukováno lučními porosty, totiž vždy na konci vegetační sezóny odumírá a jeho přeměnou vzniká humus obsahující minerální látky pro příští růstový cyklus. U stromů se naopak živiny ukládají v kmenech, a tím jsou po dlouhý čas (do doby, než strom zahyne) pro ekosystém nedostupné. Teprve když se kmen rozloží, látky se mohou vrátit do oběhu (Reichholf 1999).

Jelikož louky představují uměle vytvořený ekosystém, musí člověk do jejich uchování vkládat neustále energii, a to zpravidla v podobě sečení či pastvy. Z hlediska sukcese představují louky blokové stádium. Na louce se tak mohou udržet i méně konkurenceschopné druhy rostlin (viz výše), které tvoří velice pestré luční společenstvo. Když jsou však louky příliš hnojeny, dochází k jejich znehodnocení (například zarůstají nitrofilními druhy rostlin). Pokud se člověk o louku přestane starat, postupnou sukcesí dojde až k dovršení konečného stádia – klimaxu, což je v našich podmínkách les. Na louky budou postupně nalétat semena nejrozličnějších keřů a dřevin. Mladé stromky sice trpí zpočátku mnoha nepříznivými vlivy – mrazem, sněhem, suchem a zejména okusem zvěře, ale přesto les nakonec zvítězí (Pecha et al. 1982).

Malé lesní loučky byly zakládány jako součást lesního hospodářství a proto poskytují hlavně zdroj píce pro zimní přikrmování lesní zvěře, jakož i pro hospodářská zvířata lesních závodů (zejména koně). Kromě toho jsou tyto loučky hojně využívány lesní zvěří k pastvě, čímž jsou významně ovlivněny. Řada z nich představuje komplex druhově bohatých společenstev, s řadou vzácných, chráněných a ohrožených druhů a proto si zaslouží ochranu. Na lesních loukách by měl tedy být zachován režim pravidelné sklizně bez hnojení a chemického ošetřování (Kolbek et al. 1999). Druhově bohatá byla dříve i Fořtmanská seč (do roku 1966 se zde vyskytoval prstnatec májový (*Dactylorhiza majalis*)). V důsledku intenzivního vápnění však došlo k úhynu mnoha původních druhů (Štěpánek et al. 1994). Neblahý vliv má na tuto louku také přílišný vliv zvěře, zejména černé, která je právě na jejím okraji přikrmována.

## 8. Hospodaření v lese a jeho obnova, nepůvodní druhy

V přirozeném lese si obnovu lesa řídí příroda sama. Stromy pravidelně plodí a semena jsou roznášena po lese (Pecha et al. 1982). Semena, která se po dopadu na zem dostanou do příhodných podmínek, vyklíčí, jiná se uloží do půdní semenné banky. Většina semenáčků se však nedožívá příliš velkého věku a hynou nedostatkem světla, jelikož je v lese příliš velká konkurence okolních dospělých stromů. Jak se tedy může les přirozeně obnovit? Stačí malá světlina v porostu, vzniklá uschnutím nebo vyvrácením starého stromu, která se rychle zaplní náletem nejrozličnějších dřevin. Nastane tuhý konkurenční boj. Zvítězí druhy, kterým nejlépe vyhovuje dané stanoviště, a z nich nejlepší a nejsilnější jedinci dorostou až do dospělosti. V hospodářském lese dělá tuto „práci“ za přírodu člověk. Po vykácení starého porostu vysází druhy, které odpovídají svými nároky danému stanovišti a pěstuje – vychovává je tak, aby v mytním stáří přinesly co největší užitek (Pecha et al. 1982).

Prvním krokem umělé obnovy lesa je jeho vykácení. Způsob vykácení lesa předurčuje možnosti obnovy a následné hospodářské zásahy. V závislosti na vývoji technologií, ekonomických podmínkách a názorech lesníků se během doby vyvinuly různé způsoby těžby a obnovy lesa. Dnes u nás převažuje maloplošná holoseč (vznikají menší paseky, jejichž obnova je možná téměř jen umělou výsadbou světlomilných dřevin – borovice, modřín, dub, vytváří stejnověký jednovrstevný porost), vzácněji můžeme vidět také clonnou seč (obnova probíhá pod ochranou původního lesa prosvětleného těžbou, vzniká tak dvouvrstevný porost blízký přirozenému) (Vojta 2003). Na takto uvolněné prostory se buď sejí semena, což je sice přírodě bližší a jednodušší způsob, avšak kvůli nízké efektivitě málo používaný, nebo se vysazují semenáčky vypěstované v lesních školkách. Semena na obnovu se

získávají ve vybraných lesních porostech na mimořádně hodnotných jedincích z hlediska produkce, jakosti a odolnosti. V průběhu růstu lesa se provádí výchovné zásahy, při nichž se z porostů cílevědomě mechanicky nebo chemicky odstraňují nežádoucí jedinci. Zmenšování počtu stromů urychluje přirozené prořezávání a vytvoření dospělého lesa. V současné době je snahou docílit ekologicky orientovaného lesního hospodářství, které je ztotožňováno s koncepcí přírodě blízkého lesního hospodářství. Jde o takovou strategii hospodaření v lesích, kdy se les chápe a posuzuje jako ekosystém a člověk optimálně využívá přírodních sil a zákonů tak, že les může trvale plnit požadované funkce za minimálního vkladu dodatkových energií. Druhovú skladbu lesa musí tedy nutně odpovídat stanovištním podmínkám (web 3).

Křivoklátsko si jako jedno z mála území naší republiky uchovalo velkou lesnatost nepřetržitě i v minulosti, jelikož sloužilo českým králům jako honbiště zvěře. Královské hvozdy byly nejen málo osídleny, ale také bylo zakázáno lesy kácet a pást zde dobytek (Kolbek et al. 2003). Ačkoliv tlak na krajinu Křivoklátska nebyl ani v pozdějších dobách (od 17. století) tolik silný jako v jiných oblastech našeho státu, přesto zde docházelo k odlesňování z důvodu zisku dřeva a částečně také k rozšíření zemědělské půdy. To následně vedlo k prvnímu umělému vysazování lesa. Nejprve se sbírala semena dřevin ve zdejších lesech, ale v brzké době se na Křivoklátsko dostávají semena jehličnanů – zejména nepůvodního smrku a modřínu (Kolbek et al. 2003), která jsou hojně vysazována pro svůj rychlý a spolehlivý růst a kvalitní stavební dřevo. Technologie umělé obnovy lesa tak vede k vysazování monokultur se všemi neblahými důsledky pro celý ekosystém (Vojta 2003). Strmé nepřístupné svahy a také Lánská obora byly těchto nešetrných lesnických zásahů ušetřeny a proto se zde až dodnes zachovala přirozená druhová skladba. Tato místa dnes tvoří maloplošná chráněná území (Kolbek et al. 2003).

Pěstování nepůvodních druhů a monokultur je však z mnoha důvodů nevýhodné. Monokultury jsou většinou vysazovány na paseky, což samo o sobě již představuje značné narušení určitého stanoviště. Důležité je zejména to, že v monokultuře vysazený druh (například smrk) přirozeně roste v naprosto jiných podmínkách, což způsobuje, že se mu zde nedaří příliš dobře a je mnohem častěji napadán škůdci (bekyně mniška, kůrovec) (Pecha et al. 1982), červenou hnilobou či dalšími chorobami (Kolbek et al. 2003), a také je více poškozován klimatickými událostmi jako jsou sněhové či větrné kalamity. Přirozené lesy jsou oproti monokulturám složeny ze stromů velice různého stáří i kvality, přednostně jsou proto napadáni jedinci staří a nemocní, a díky tomu také často nedochází k přemnožení škůdců. Monokultura je však stejnověký porost, který v celém svém rozsahu má stejné podmínky, a proto, když je škůdci napaden, často také celý podlehne. Navíc i například smrk sám mění podmínky na stanovišti a to tak, že půda pod jeho souvislými monokulturami ztrácí svou úživnost a živiny se vyplavují do spodních vrstev (Pecha et al. 1982). Díky tomu se pod smrkovým lesem nevytváří téměř žádné bylinné ani keřové patro. V případě některých nepůvodních druhů (například akát) navíc ještě může docházet k vylučování určitých škodlivých látek do půdy, což taktéž eliminuje původní rostliny. Výsledkem pak není jen změna druhového složení stromů, ale celého lesního ekosystému. Dochází tak k narušení přirozených vzájemných vazeb mezi původními organismy (naučný panel č. 10, NS Brdatka). Navíc se také některé nepůvodní vysazované druhy mohou stát invazními a šířit se tak nekontrolovaně v krajině.

Důvodem přinášení nepůvodních druhů rostlin a živočichů do krajiny byla zejména snaha zvyšovat produkci dřeva i zvěřiny a také druhové bohatství. I ve volné přírodě se dnes proto můžeme setkat nepůvodními, často okrasnými druhy (naučný panel č. 10, NS Brdatka). Může to však vést k trvalému zvýšení biodiversity? Záleží na úhlu pohledu. Krátkodobě a na úrovni třeba státu sice ano (bude zde o jeden druh více), ale dlouhodobě dojde k zániku většího počtu druhů, které by se na takovém stanovišti vyskytovaly přirozeně, než kolik jich mohlo přibýt díky zavedení nového druhu (ačkoliv budeme mít o jeden nepůvodní druh více, mnohé původní druhy, které zde dříve žily, zaniknou, jelikož zde pro ně nebudou vhodné podmínky).

Na území Křivoklátska se sice vyskytuje poměrně malé množství nepůvodních druhů, přesto se zde s některými setkat můžeme. V údolí potoka Štíhlíce roste trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), který byl na naše území zavlečen ze Severní Ameriky. Roste na prudších, suchých, jižně orientovaných svazích s mělkou půdou. Akát je silně světlomilný druh, takže nehrozí nebezpečí jeho invaze do zapojených přirozených lesních společenstev. Jiná je ale situace v prosvětlených a nezapojených lesních porostech, jako jsou zakrslé doubravy a bory. V nich je akát schopen se šířit a navíc zde silně mění skladbu bylinného patra, extrémně citlivého vůči jeho nitrofilnímu efektu

(Kolbek et al. 2003). Akát, jakožto zástupce čeledi bobovitých (Fabaceae) má na kořenech symbiotické hlízkové bakterie, které poutají vzdušný dusík a přeměňují ho na anorganické formy, které jsou přijatelné pro rostliny. Lesníci se zprvu domnívali, že toto obohacování živinami chudých půd bude mít pozitivní vliv na produktivitu lesů na mělkých, písčitých a svažitých půdách, ve skutečnosti byl tento efekt zanedbatelný a pěstování akátu vedlo spíše k ruderalizaci a ústupu přirozených druhů těchto stanovišť, které byly vytlačeny druhy nitrofilními. Trnovník akát má navíc toxické účinky. Protože kořeny vylučují do půdy toxické látky (tzv. alelopatie), nevydrží v jeho sousedství žádné jiné přirozeně u nás rostoucí rostliny ani dřeviny s výjimkou bezu černého (*Sambucus nigra*), s kterým tvoří neproniknutelné porosty často tvořené ještě spolu s vlaštovičником větším (*Chelidonium majus*). To je důvod, proč akát vytváří monokultury (Slavík 1995).

Dále se zde můžeme setkat s borovicí černou (*Pinus nigra*), která pochází z jižní Evropy a Středomoří, douglaskou tisolistou (*Pseudotsuga menziensis*) pocházející z přímořských pohoří západních oblastí Severní Ameriky, severoamerickým dubem červeným (*Quercus rubra*), nebo také s modřínem opadavým (*Larix decidua*), který se váže svým výskytem na drsné horské podmínky. Původní rozšíření modřínu na našem území zahrnuje pouze západní část Nízkého Jeseníku. V Evropě je rozšířen převážně v horských polohách Karpat a Alp (web 3).

Z nepůvodních druhů živočichů se na Krivoklátsku hojně vyskytuje muflon (*Ovis musimon*), který pochází z Jižní Evropy a na některých lokalitách je přemožen, což způsobuje značné škody, zejména na vzácné stepní vegetaci (Kolbek 1996). Dále se zde můžeme setkat s daňkem skvrnitým (*Dama dama*) pocházejícím z Asie či norkem americkým (*Mustela vison*) ze Severní Ameriky (naučný panel č. 10, NS Brdatka).

## 9. Les a typy lesa

Les představuje v podmínkách středoevropských nejdůležitější klimaxový ekosystém (Kubíková 1999). To znamená, že pokud necháme přírodu po delší dobu přirozenému vývoji, většina našeho území zaroste lesem. Les tedy představuje konečné stádium sukcese, do něhož by dospěly téměř všechny i člověkem vytvořené a udržované ekosystémy. Na vlhkostně a edaficky nepříznivých stanovištích (příliš sucho nebo naopak mokro, málo substrátu apod.) se však s lesem nesetkáme – tj. například vodní nádrže, rašeliniště, mokřady, skály, sutě, skalní stepi, ale také v horách (což je ale dáno klimaticky) nad horní hranicí lesa.

Hlavní dominantou lesů jsou stromy. Jelikož se vyskytují na místech s „dostatkem“ živin, soutěží s ostatními jedinci hlavně o zdroj světla. Z tohoto důvodu musí být dostatečně vysoké, aby přerostly své konkurenty a získaly tak dostatek světla pro svoji fotosyntézu a tedy další růst. Toto vyzdvížení do vyšších pater jim umožňují vytrvalá pletiva, které tvoří jejich kmeny a větve. Investice do nezelených pletiv však stojí velké množství energie, která je ztracena při dýchání těchto živých, ale heterotrofních (tj. nefotosyntetizujících) pletiv (40–60%). Naopak podíl zelených listů tvoří zejména u opadavých dřevin jen malé procento (1–2%) (Kubíková 1999). Dalším problémem je vedení vody do vrcholových částí koruny. To je zajištěno transpiračním proudem ve vodivých pletivech (cévách a cévicích), která jsou poměrně úzká a díky tomu je voda vytlačena dostatečně vysoko (ale jen do určité výšky, což limituje maximální vzrůst stromů). Problém však může nastat v zimě, při mrazu. Když voda v pletivech zmrzne, dojde k roztrhání cév a vzniká embolie. To se stává častěji u listnatých dřevin (proto také opadávají). Na jaře opět obnoví svoji činnost, kambium odděluje nová vodivá pletiva a voda se tak dostává do korun. Dochází k rašení pupenů.

Stromy mohou mít dva typy korun – stinné a slunné (Kubíková 1999). Stinné koruny jsou hustě větvené, často tvoří velké listy, které jsou i při malém množství dopadajícího světla schopny fotosyntetizovat. Značnou měrou však ovlivňují přizemní rostlinnou i živočišnou složku – je zde přílišné zastínění. Stinnou korunu má například buk, jedle, tis. Naopak slunná koruna je poměrně řídká, což je způsobeno tím, že i spodní větve potřebují dostatek světla, jinak odumírají. Na zem tak dopadá hodně světla, což umožňuje výskyt i světlomilným organismům. Slunnou korunu má například modřín, borovice, bříza.

Velice důležitou fází životního cyklu stromů je kvetení a produkce semen, což představuje energeticky značně náročný pochod. Například dospělý dub produkuje až 15 000 žaludů, borovice 100 000 semen. Proto některé druhy kvetou a plodí jen jedenkrát za několik let (Kubíková 1999). Jsou

to druhy (například dub, buk), které produkují velká semena s vysokým obsahem škrobu, proto také vytvoření těchto zásob trvá dospělému stromu několik let. Jejich semenáčky musí totiž obstát silné konkurenci s ostatními jedinci a vyhrávají pouze nejsilnější z nich. Výhodou je tedy rychlý růst ze svých zásob. Naopak druhy, které jsou schopny se uchytit i v méně prediktabilním prostředí (často tzv. pionýrské druhy), produkují velké množství, ale malých semen každý rok. Jejich snahou je, aby alespoň některé semenáčky vyklíčily a daly vznik dospělému stromu. Tuto strategii má například bříza, borovice (Kubíková 1999). Proto, aby mohla být semena vytvořena, je nezbytné opylení. Většina stromů v lese je opylena větrem, který fouká v jejich korunách. Nižší stromy a keře se na tento způsob spolehnout nemohou, jelikož k nim proniká jen málo větru a proto jsou většinou opyleny hmyzem, který lákají například svými vonnými květy (lípa, javor, hloh, svída). Šíření semen je pak z velké části zajištěno živočichy (ptáky, přichycením na lesní zvěř, ale i třeba mravenci) nebo větrem.

Keřové a bylinné patro se v lesích vyvíjí ve zcela odlišných podmínkách než je tomu v nelesní krajině. Stromy zde totiž vytváří porostní klima (Kubíková 1999), které je sice na jednu stranu stabilnější, na stranu druhou jsou zde i značné extrémy, což některé druhy zcela eliminuje. Jaké podmínky zde tedy panují? V interiéru lesa jsou zcela specifické světelné podmínky. To je způsobeno tím, že dochází k prudkým změnám osvětlení během dne podle toho, jak se stěhují sluneční skvrny. Ve stínu je intenzita záření snížena až na 1–10% záření na volném prostranství, sluneční skvrna má intenzitu kolem 80% plného záření. Nízká intenzita záření je nedostatečná pro fotosyntézu světlomilných rostlin, ale prudké změny osvětlení omezují výskyt některých kapradiny. Dochází zde také ke změně slunečního spektra v důsledku přednostního vychytávání určitých vlnových délek již v koruně stromů. Tepelná výměna je zbrzděna a díky tomu jsou v podrostu menší rozdíly teplot mezi dnem a nocí i v průběhu roku. Další charakteristickou vlastností lesa je, že do bylinného patra se dostává méně vody (avšak je zde i menší odpar), jelikož je asi 30% srážek zachyceno v korunách stromů (záleží na druhu dřeviny a ročním období). Díky tomu dochází v povrchové vrstvě půdy ke konkurenci stromů a bylin o vodu a v ní rozpuštěné živiny a k odumírání semenáčků. Na druhou stranu je zde ale také menší pohyb vzduchu a tak i menší výkyvy vzdušné vlhkosti. Lesní byliny jsou přizpůsobeny na tyto stálé podmínky a nesnesou vyšší ztrátu vody v pletivech, proto při vykácení lesa na pasece hynou. V lese navíc probíhá velice příznivý koloběh živin, které čerpají kořeny stromů z větších hloubek a které se tak s opadem dostávají na povrch půdy, kde jsou následně využity pro růst bylinného a mechového patra. Když je však opadu hodně a pomalu se rozkládá, takže zakrývá celý povrch půdy, zabraňuje rozvoji bylin a mechů (Kubíková 1999).

Z hlediska koloběhu živin v lese má nepostradatelný význam spojení kořenů vyšších rostlin (dřevin i bylin) s houbovými vlákny, tzv. mykorrhiza, která zprostředkovává čerpání živin i z větších hloubek a hůře dostupných míst.

Pod lesem se také vytváří specifický typ půdy. Jedná se o středoevropskou hnědozem, jejíž vlastnosti úzce souvisí s organismy, včetně rostlin, které v ní žijí, respektive rostou. V lesních půdách bývá zpravidla dostatečné a stabilní množství vody, proto si rostliny nevyvinuly žádné specifické mechanismy zabraňující jejímu výparu. Vytváří se zde různé formy humusu – na povrchu se můžeme setkat se surovým humusem (mor), který je tvořen převážně opadanými listy, pod ním se nachází vrstva (moder) s částečně natrávenými listy a to různými houbami, chvostoskoky, bezkřídlými brouky a podobně. Nejúrodnější formou humusu je tzv. mull, který je dokonale zpracován žížalami, takže již nelze rozlišit jednotlivé částičky. Při tvorbě humusu hraje nepostradatelnou roli půdní mikroflóra a edafon. Pod vrstvou humusu se nachází vyvinuté, ale hutné půdy s vysokým obsahem jílu, díky čemuž jsou tyto půdy málo provzdušněné a lokálně může hrozit jejich zamokření (zde pak rostou jiné druhy dřevin, které snesou toto zamoření, například olše). Lesní půdy se dále vyznačují vysokým obsahem živin, zejména dusíku v anorganické formě (díky účinnému rozkladu organického opadu půdními organismy) a zpravidla nižším pH.

Les je v přirozeném stavu vyváženým ekosystémem, který poskytuje vhodné prostředí a výživu velkému množství živočichů na různém stupni potravního řetězce. Na stromy se váže velké množství fytofágů – mšice, brouci, motýli, divoké včely a další (například na dubu žije přes 1000 druhů bezobratlých), přesto však nedojde ke škodám, jelikož početnost fytofágů regulují nejrůznější predátoři jako jsou lumci, lumčící, vosy, mouchy, pavouci, mravenci, střevlíci, slunéčka, ale i ježci, rejsci a ptáci (Kubíková 1999). Nezbytné jsou také půdní organismy (viz výše), které tvoří detritickou část potravního řetězce.

Velkým problémem je v současné době v Evropě přebytek vysoké zvěře, jelení a srnčí, a také divokých prasat. Může jich být 5–15x více než by bylo v pralese (Kubíková 1999). To je způsobeno zejména tím, že chybí jejich predátoři čili velké šelmy, které byly v minulosti člověkem vystříleny. Vysoké stavy jsou navíc podporovány lesníky, kteří v zimě zvěř přikrmují a díky tomu nejsou z přírody odstraněni slabí jedinci. Negativní působení zvěře na les se projevuje v tom, že žerou semenáčky různých stromů (zejména jedle, jasanu, dubu, tisu, habru, lip, javoru, jeřábu), a tím brání přirozené obnově lesa (proto je nutná stavba oplocenek, odpuzující nátěry stromků). Zvěř má také selekční vliv na lesní byliny, jelikož si jedinci přednostně vybírají jen některé druhy (borůvky, lilie zlatohlavá, orchideje, kapradiny), zatímco jiným se naopak vyhýbají (třtina křovištní, kopřiva dvoudomá). Při vytlókání paroží a loupání kůry v zimě však poškozují i starší stromy.

V závislosti na nadmořské výšce můžeme rozlišovat různé vegetační stupně lesa, od doubrav vyskytujících se v nejnižších nadmořských výškách až po horské smrčiny, které pozvolna přecházejí přes stupeň kosodřevin až do horského bezlesí. Jelikož se trasa exkurze nachází v nadmořské výšce 230–420 m, převažovat by zde měly zejména dubohabřiny. V přírodním lese však existují velmi úzké vztahy mezi prostředím a biocenózami (společenstvy), které v něm žijí, a proto i zde, na poměrně malém území trasy exkurze, se můžeme setkat s několika typy lesa. To je dané tím, že kromě nadmořské výšky se zde silně uplatňuje vliv stanovištních podmínek a s tím spojeného mikroklimatu. Mezi nejvýznamnější faktory patří tvar reliéfu, sklon a orientace svahu, množství srážek a hloubka půdy. Jejich kombinací vznikají na různých stanovištích zcela specifické podmínky, které umožňují výskyt jen některým druhům. V přírodní rezervaci Brdatka tak vznikají celá **pásma lesních typů**, která se liší v závislosti na poloze na svahu nad Berounkou (obrázek 11). V nejnižších polohách se setkáváme s lipovými a habrovými javořinami, které jsou charakteristické na sutích. Ve středních polohách svahu se vyskytují dubohabřiny se středně náročnými teplomilnými a hájovými druhy. Vrcholové části vázané na strmé jižní svahy jsou velmi teplé a suché, typická je zde kyselá doubrava, která na exponovaných stanovištích a skalních výchozech přechází až v zakrslou doubravu a místy se zde můžeme setkat také s reliktními bory (viz dále) (Kolbek et al. 2001).



**Obrázek 11:** Pásma lesních typů v PR Brdatka (naučný panel č. 5, NS Brdatka).

## 10. Suťový les – lipová a habrová javořina

Lipové a habrové javořiny představují typ lesa rostoucí na suťových svazích a kamenitých půdách obohacených vláhou a dobře se rozkládajícím humusem. Jsou charakteristické pro zastíněné severní svahy a spodní části hlubších údolí (Pecha et al. 1982).

Suťové lesy se váží na říční síť a hluboká, často kaňonovitá údolí, proto se vyznačují vysokou vzdušnou vlhkostí (časté jsou i mlhy) a permanentní zásobou vody pro rostliny. Díky své poloze

v dolní části údolí mají také dostatek živin, které jednak splavuje potok a jednak jsou vymývány z vyšších částí svahu. Na jednu stranu zde jsou tedy příznivé půdní podmínky, které umožňují rychlý růst, na stranu druhou se však jedná o velice nestabilní prostředí, kde dochází k neustálému narušování (disturbanci), zejména sesuvem substrátu (skeletovitých půd a kamenů), a proto suťové lesy představují blokované sukcesní stádium.

Rostliny suti musí být na tato stanoviště dobře přizpůsobeny. Jejich strategií je únik z disturbovaného prostředí. Mají proto velká a těžká semena, s relativně krátkou dobou klíčivosti, ale jelikož žijí v prostředí s dostatkem živin, jsou schopny rychle vyklíčit. Cílem semenáčků je tedy rychle nahradit staré jedince a proto se vyznačují velice rychlým růstem a časným nástupem dospělosti (tj. také z důvodu neprediktabilního prostředí, v němž se všichni jedinci snaží rychle plodit a produkovat vlastní semena). Stromy a keře však během svého života mohou být poškozeny. Proto mají také velkou schopnost regenerace, jsou schopny produkovat náhradní větve a zmlazovat z kmínků (vznikají tak vícekmenní jedinci – například lípa). Pro dřeviny na prudkých svazích je dále typické hákovité prohnutí kmenů, které vzniká v reakci na posun svahové půdy v raných stádiích sukcese (Kolbek at al. 2003).

Hlavní funkce suťových lesů (z pohledu člověka) je především protierozní a půdoochranná (Kučera 1999). Rostliny, zejména dřeviny, svými kořeny významně stabilizují substrát, čímž brání jednak dalšímu sesouvání půdy, ale také tím vlastně chrání i další jedince, kteří by mohli být sesuvem poškozeni nebo i zničeni. Vegetace tak pomáhá sebe sama udržet na suti. Vzhledem k extrémnosti a nepřístupnosti mnohých lokalit se zde hojně zachovaly porosty s přirozenou skladbou a také s vzácnými druhy.

Hlavní dřeviny rostoucí ve stromovém patru jsou jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jilm horský (*Ulmus glabra*), javor klen (*Acer platanoides*), javor mléč (*Acer pseudoplatanus*), lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), habr obecný (*Carpinus betulus*), na teplejších stanovištích, zejména na jižních svazích tvoří příměs javor babyka (*Acer campestre*) (Kolbek at al. 2003). Keřové patro bývá poměrně bohaté a to zejména druhy vázanými na dusíkem obohacené humózní půdy. Jsou to především angrešt (*Grossularia uva-crispa*), bez černý a bez hroznatý (*Sambucus nigr*, *S. racemosa*), častá je také růže alpská (*Rosa pendulina*), meruzalka alpská (*Ribes alpinum*), zimolez černý a zimolez pýřitý (*Lonicera nigra*, *L. xylosteum*), líska obecná (*Corylus avellana*). Také bylinné patro je bohaté na stinné druhy, značnou pokryvnost zaujímají kapradiny, zejména různé druhy kapradů (rod *Dryopteris*), papratka samičí (*Athyrium filix-femina*) a další. Pravidelně bývají přítomny nitrofilní druhy jako je bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*), česnáček lékařský (*Alliaria petiolata*), kakost smrdutý (*Geranium robertianum*), hluchavka skvrnitá (*Lamium maculatum*), pitulník žlutý (*Galeobdolon luteum*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) a vlašovičník větší (*Chelidonium majus*). Suťové lesy mají dobře vyvinutý jarní aspekt s četnými geofyty (druhy s podzemními oddenky a cibulemi) – dymnivka dutá (*Corydalis cava*), křivavec žlutý (*Gagea lutea*), pižmovka morušová (*Adoxa moschatelina*) a sasanka pryskyřníkovitá (*Anemone ranunculoides*) (Kučera 1999, Kolbek at al. 2003). Celková pokryvnost bylinného patra může být značně vysoká, zvláště na místech, kde se nehromadí listový opad nebo kde je rychle rozkládán. Humusová vrstva bývá díky dobrým vlhkostním poměrům bohatá na půdní zooedafon, zvláště na žížaly a členovce. Půdy jsou bohaté dusíkem díky značnému provzdušnění suti a aktivitě dusíkatých bakterií. Díky tomu se zde téměř nevyskytují mykorhizní houby, které jsou pro většinu našich lesů typické. Významně jsou zde zastoupeny pouze dřevožijné houby (Kučera 1999).

Společenstva živočichů na svahových sutiích tvoří druhy adaptované na relativně stinné biotopy. Nejvýznamnější jsou zejména zástupci měkkýšů, pavouků a hmyzu.

## 11. Dubohabřina – habrová doubrava

Habrové doubravy se vyskytují ve středních polohách svahu na vysýchavých a středně hlubokých půdách. Vyznačují se výskytem středně náročných teplomilných a hájových druhů bylin – například ptačinec velkokvětý (*Stellaria holostea*) a lipnice hajní (*Poa nemoralis*). Z hlavních dřevin zde roste dub (*Quercus* sp.), habr (*Carpinus betulus*), zimolez (*Lonicera* sp.), líska (*Corylus* sp.), svída (*Cornus* sp.), ptačí zob (*Ligustrum vulgare*) (Kolbek at al. 2003).

## 12. Kyselá doubrava

Kyselé doubravy jsou značně vyhraněným lesním typem vázaným na vrcholové polohy a horní části výslunných svahů v nadmořských výškách do 500 m (naučný panel č. 9, NS Brdatka). Osidlují zpravidla hlubší vysychavé hnědozemě na proterozoických břidlicích nebo na písčitéch štěrcích říčních teras. Převládající dřevinou je dub zimní (*Quercus petraea*) s příměsí borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Místy nalezneme též náročnější druhy jako je buk (*Fagus sylvatica*) či habr (*Carpinus betulus*), který sem může pronikat ze sousedních dubohabřin. Charakter bylinného patra určují trávy – lipnice hajní (*Poa nemoralis*), třtina rákosovitá (*Calamagrostis arundinacea*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*), častá je také mařinka vonná (*Galium odoratum*), pstroček dvoulistý (*Maianthemum bifolium*) či bika hajní (*Luzula luzuloides*). Místy bývá vytvořen i jarní aspekt se sasankou hajní (*Anemone nemorosa*). Mechové patro nedosahuje vysokých hodnot pokryvnosti a je tvořeno zejména mechy (zástupci rodu ploník (*Polytrichum* sp.), dvouhrotec (*Dicranum* sp.)), nikoliv lišejníky (Kolbek et al. 2003).

Na staré duby je vázáno velké množství živočišných druhů. Dřeviny totiž poskytují dostatek úkrytu i míst vhodných pro vývoj různých druhů zejména brouků, pro jiné pak představují velmi důležitý zdroj potravy. Z tohoto důvodu jsou dubové porosty vyhledávány šplhavci, kteří pod kůrou stromů získávají různé larvy pro svoji obživu. Nejběžnějšími zástupci jsou strakapoud velký, žluna šedá nebo datel černý (naučný panel č. 2, NS Brdatka).

## 12. Zakrslá doubrava

Zakrslá doubrava je komplexem společenstev na extrémně suchých a teplých stanovištích na skalnatých a kamenitých svazích jižně a jihozápadně orientovaných. Tato stanoviště se dále vyznačují vyšším sklonem a relativně mělkými skeletovitými půdami (typu ranker) (Kolbek et al. 2003). Dřeviny zde dosahují nižší produkce, jsou nízké a pokroucené („zakrslé“, křivoles) a tvoří velmi rozvolněné porosty, místy dokonce nahrazené křovinami či travinobylinnými společenstvy. Dominantní dřevinou je dub zimní (*Quercus petraea*), dále je významný výskyt habru (*Carpinus betulus*) a borovice (*Pinus sylvestris*). Vzácněji se zde vyskytují také teplomilné druhy jeřáb břeč a muk (*Sorbus torminalis*, *S. aria*). Keřové patro má velmi malou pokryvnost a je zpravidla tvořeno pouze jednotlivě zastoupenými dřevinami. Jeho nejčastější složky jsou habr a dub zimní. Pokryvnost bylinného patra kolísá mezi 15–55%. V jeho složení se výrazně uplatňují druhy světlomilné, snášející sucho (xerofyty) a kyselý podklad (acidofyty). Jeho dominantami jsou tolita lékařská (*Vincetoxicum hirundinaria*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*), dále pak kostřava ovčí (*Festuca ovina*), válečka prapořitá (*Brachypodium pinnatum*), pavinec horský (*Jasione montana*), jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*), smolníčka obecná (*Lychnis viscaria*), bělozářka liliovitá (*Anthericum liliago*) či vřes obecný (*Calluna vulgaris*) (Kolbek et al. 2003).

Na skalních výchozech se ojediněle zachovaly původní porosty borovice lesní, tzv. reliktní bory. Borovice je druh značně světlomilný, ale jinak široce tolerantní k podmínkám prostředí, a proto byl zatlačen ostatními dřevinami na extrémní stanoviště, kde původní porosty mohou přežívat v izolovaných ostrůvcích. Typickými druhy kyselých reliktních borů jsou metlička křivolaká (*Deschampsia flexuosa*), jestřábník chocholičnatý (*Hieracium cymosum*), kociánek dvoudomý (*Anthennaria dioica*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*) a četné jsou lišejníky zejména rodu *Cladonia* (Kučera 1999).

Velké množství živočichů obývajících rezervaci patří také mezi světlomilné a teplomilné druhy. Například užovka hladká je druhem světlých lesů, mravkolev či ještěrka obecná dávají přednost skalním stepům a výchozům, skály dále využívá i výr velký či kuna skalní. Z ptáků se na starých stromech často vyskytuje šoupálek krátkoprstý, či výše zmínění šplhavci. Z bezobratlých představují významný podíl druhy vyhledávající stárnoucí stromy a odumírající dřevo, například roháč obecný (naučný panel č. 7, NS Brdatka).



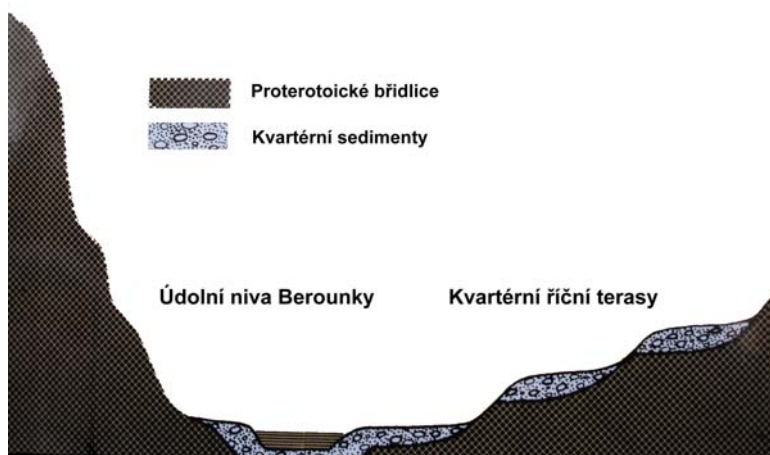
### 13. Panorama krajiny

Na trase exkurze se několikrát naskytne pohled do největšího meandru Berounky na Křivoklátsku. Z tohoto zastavení je pěkně vidět trasa celé exkurze počínaje Zbečnem (skryto v údolí), následuje údolí Klíčavy a pak údolí potoka Štíhlíce, podle nějž jsme vystoupali do vrcholové části PR Brdatka. Ta se rozkládá po pravém břehu potoka a sahá od vrcholových partií až k Berounce (obrázek 12).



**Obrázek 12:** Pohled do údolí Berounky.

Pravý břeh Berounky je názornou ukázkou toho, jak se zahluhoval říční tok ve čtvrtohorách, což dokládají tři říční terasy (obrázek 13). Nejlépe vyvinutou terasou Berounky je Pohořelecká terasa, která představuje období spodního pleistocénu a dosahuje mocnosti až 15 m. Na ní se dnes rozkládá obec Újezd nad Zbečnem (viz obrázek 12). Blíže k řece je pak možné pozorovat mladší terasové stupně (ze středního pleistocénu), které se nacházejí ve výšce 10 m a 20 m nad hladinou řeky. Tyto terasy jsou však na Berounce zachovány jen útržkovitě, v jádrech meandrů (Mašek 1997). Vznik a utváření říčních teras je úzce spjato s působením zalednění. Ačkoliv se naše území během staršího období čtvrtohor (pleistocénu) nacházelo v periglaciálním pásmu, tedy mimo dosah činnosti kontinentálního ledovce, bylo stále pod jeho vlivem. Opakovaný postup a ústup ledovce se u nás projevoval zánikem a obnovením vegetačního krytu, u vodních toků pak střídáním eroze a akumulace. Docházelo tak k postupnému zahluhování a meandrování toku, čímž postupně vznikly říční terasy (jejich mocnost proto odpovídá stáří) (Mašek 1997).



**Obrázek 13:** Schematický profil údolí řeky Berounky (naučný panel č. 3, NS Brdatka).